This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

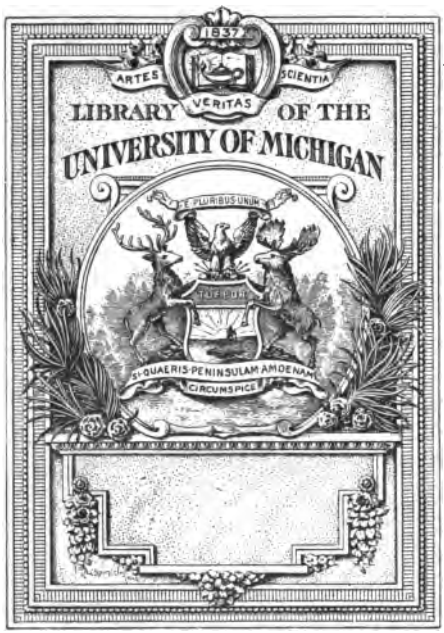
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.



THE GIFT OF

Dr. [illegible]

Q
113
.A665

Dominique François Jean

Franz Arago's sämmtliche Werke.

Mit einer Einleitung

von

Alexander von Humboldt.

Deutsche Original-Ausgabe.

Herausgegeben

von

Dr. W. G. Hankel

ord. Professor der Physik an der Universität Leipzig.

Siebenter Band.

Leipzig

Verlag von Otto Wigand.

1860.

Verzeichniß der Figuren

des siebenten Bandes.

Fig.		Seite
1.	— Versuch der Interferenzen	29
2.	— Durchgang des Lichtes durch eine Linse	36
3.	— Bahn des Mondschattens auf der Erdoberfläche während der totalen Sonnenfinsterniß vom 8. Juli 1842	128
4.	— Sichtbarkeit der Mondberge durch doppelte Reflexion	228
5.	— Relative Stellung von Sonne und Mond im Augenblicke der totalen Verfinsterung	233
6.	— Bestimmung des Winkels der vollständigen Polarisation	262
7.	— Vollständige Polarisation an der Oberfläche eines Mittels mit parallelen Flächen	266
8.	— Vergleichung des reflectirten und durchgelassenen Lichtes	270
9.	— Zweimalige Reflexion eines Lichtstrahles in einem Parallelepipedum	308
10.	— Farbige Ringe der einaxigen Krystalle im polarisirten Lichte	336
11.	— Farbige Ringe der zweiaxigen Krystalle im polarisirten Lichte	340

Druck von Otto Wigand in Leipzig.

Wissenschaftliche Aufsätze.

Ueber das Funkeln der Sterne.

Erstes Kapitel.

Vorwort.

Erscheinungen am Firmamente, welche sich einer genauen Maaßbestimmung entziehen, erregen heutzutage kaum die Aufmerksamkeit der Astronomen. In früherer Zeit war dies anders: als Beleg kann die Zusammenkunft gelten, zu welcher Keppler den Simon Marius nach Frankfurt einlud, um über das Funkeln der Sterne zu berathen.

Es gibt wenige Phänomene, die sich häufiger darbieten, als das der Scintillation oder des Sternefunkelns, und man darf hinzusetzen, es gibt keines, dessen Ursache mehr im Dunkeln liegt. Ich habe mich bemühet, dieselbe aufzufinden, ohne mich durch die fehlgeschlagenen Versuche meiner Vorgänger entmuthigen zu lassen.

Anfänglich war meine Absicht, in diesem Aufsatze meinen persönlichen Beitrag auf die Darstellung der neuen Theorie zu beschränken, welche ich von der Scintillation liefern zu können glaube, und aus den vorhandenen astronomischen Werken die Beschreibung und die Geschichte dieser Erscheinung zu entlehnen; allein wider meinen Willen sah ich mich bald zur Aenderung dieses Planes genöthigt. Die Geschichte der Astronomie von Bailly enthält kaum zwanzig Zeilen über das Funkeln der Sterne*), und in der ausführlichen Inhalts-

*) Bailly, Histoire de l'Astronomie, II, p. 37.

angabe am Schluſſe des dritten Bandes kommt das Wort Scintillation nicht einmal vor.

Eben ſo wenig findet ſich dieſes Wort in den Inhaltsverzeichniſſen der vier großen Quartbände von Montucla's Geſchichte.

Lalande widmet der Erſcheinung des Sternefunkelns ungefähr anderthalb Seiten in den drei Quartbänden ſeiner Aſtronomie, aber ohne eine ſcharfe und genaue Definition zu geben.

Andere einſchlagende Werke ſind weder genauer noch ausführlicher.

Die erwähnten Umſtände haben mich beſtimmt, die Notizen, welche ich bei meiner Lectüre nach und nach geſammelt hatte, zuſammenzuſtellen und zu ordnen. Durch ihre Veröffentlichung denke ich wenigſtens den Gelehrten, die über den vorliegenden Gegenſtand ſchreiben wollen, manche mühſamen Nachſuchungen und eine Arbeit zu erſparen, der ein Autor nur dann ſich unterzieht, wenn er bei der Behandlung eines beſtimmten Stoffes ſeinen Vorgängern volle Gerechtigkeit widerfahren laſſen will.

Zweites Kapitel.

Worin beſteht das Phänomen der Scintillation?

Eine richtig geſtellte Frage, ſagt ein altes Sprüchwort, iſt die halbe Auflöſung. Weil man das Wort Scintillation ſcharf zu definiren verſäumte, ſind ſo viele berühmte Gelehrte in der von ihnen verſuchten Erklärung dieſer Erſcheinung vollſtändig irre gegangen; um nicht in den nämlichen Fehler zu verfallen, geben wir zuerſt ohne Zweideutigkeit an, was wir unter Scintillation verſtehen, und wenden uns alsdann zur Unterſuchung ihres Grundes.

Für Jemand, der den Himmel mit unbewaffnetem Auge betrachtet, beſteht die Erſcheinung des Sternefunkelns, die Scintillation, in ſehr raſch auf einander folgenden Aenderungen im Glanze der Sterne. Dieſe Aenderungen ſind in der Regel, ja faſt immer, von einem Wechſel in der Farbe und von einigen ſecundären Erſcheinungen begleitet, welche als unmittelbare Folgerungen jeder Zu- oder Abnahme der Intenſität auftreten, wie z. B. beträchtliche Aenderungen in dem ſchein-

baren Durchmesser der Gestirne, oder in der Länge der divergirenden Strahlen, welche nach verschiedenen Richtungen von ihrem Mittelpunkte auszugehen scheinen.

Drittes Kapitel.

Von dem plötzlichen mit unbewaffnetem Auge wahrnehmbaren Farbenwechsel der Sterne.

Da die plötzlichen Farbenveränderungen, welche mit dem Sternefunkeln verbunden sind, eine entscheidende Rolle spielen müssen, um die verschiedenen von dem gedachten Phänomene gegebenen Erklärungen zu prüfen, so wird die Untersuchung von Interesse, ob die Wahrnehmung dieser Aenderungen neu ist, oder bereits den alten Astronomen bekannt war.

Die Beobachtung ist nicht neu.

Als ich mit der Aufsuchung von Belegen für diese Behauptung beschäftigt war, machte mich Herr Babinet darauf aufmerksam, daß eine der von den Arabern dem Sirius beigelegte Benennung, das Wort Barakesch, durch „Stern mit tausend Farben" übersetzt werden kann.

Tycho hatte Farben bei der Scintillation der Sterne bemerkt, und führt in diesem Bezug hauptsächlich das Funkeln des neuen Sternes vom Jahre 1572 an: er vergleicht damit das successive Aufblitzen eines in Facetten geschliffenen Diamanten, der in Gegenwart eines Lichtes gedreht wird. War aber, kann man fragen, die Erscheinung von 1572 die eines gewöhnlichen Sternes?*)

Galilei erzählt, daß der neue Stern von 1604 bei seinem Funkeln successive die eigenthümliche Färbung des Mars und des Jupiter gezeigt habe; auch Keppler spricht von der veränderlichen Farbe desselben Gestirnes.

Nichts ist klarer, in Bezug auf die Scintillation der eigentlichen Fixsterne, als die folgenden, aus Keppler's Astronomiae pars optica entlehnten Stellen:

*) Siehe den ersten Band der populären Astronomie, S. 333 ff.

„Die Sterne im Hund (Sirius) und der Arctur (α arietis), vorzüglich der erstere, erglänzen nach einander in allen Farben des Regenbogens ....“

„Arctur, dessen hauptsächliche Farbe röthlich ist, zeigt von Zeit zu Zeit verschiedene Nüancen.“

In der Mikrographie von Hooke liest man Seite 218:

„Man kann bemerken, daß die Sterne mit verschiedenen Farben funkeln, so daß sie in gewissen Augenblicken roth erscheinen, zuweilen gelb und dann wieder blau: dies findet sogar statt, wenn die Sterne ziemlich hoch über dem Horizonte stehen.“

Auch Michell und Melville, um die Mitte des vorigen Jahrhunderts, sind auf den bei der Scintillation auftretenden Wechsel der Farbe der Sterne aufmerksam gewesen.

Forster (im Philosophical Magazine von 1824) nahm nicht allein Farben wahr, sondern versuchte auch die Perioden ihrer Wiederholung aufzufassen. „Zuweilen“, sagt er, „zeigte sich das intensive rothe Licht nach zwei Anschwellungen (dilatations) des Sternes, unter andern Umständen erst nach drei dergleichen, in andern Fällen endlich ohne ein regelmäßiges Gesetz.“

Viertes Kapitel.

Von der Scintillation bei Merkur und Venus.

Alle Beobachter, Tycho, Keppler u. s. w. sind darüber einig, daß der Merkur stark funkelt; Gassendi sagt selbst, daß dieser starken Scintillation halber dem Planeten das Beiwort στίλβων beigelegt worden sei, welches ein successive erglänzendes Leuchten ausdrückt.

Dieselbe Uebereinstimmung herrscht in Bezug auf das Funkeln der Venus; Tycho, Keppler u. s. w. berichten von dem Scintilliren dieses Planeten, und Scheiner fügt hinzu, daß die Venus weniger bei mittlerem Abstande funkelt, als zu den Zeiten, welche ihrem Apogäum und Perigäum entsprechen.

In Keppler's Astronomiae pars optica findet sich eine Beobachtung aufgezeichnet, wobei die Scintillation der Venus zugleich

direct und durch die Projection ihrer Strahlen auf eine Wand bemerkt wurde.

„Am $^{19}/_{29}$ December 1602, gegen Abend, sah ich durch ein Fenster Venus, welche schon im Abnehmen war..... Der Planet funkelte stark; als ich nach der weißen Wand blickte, auf welche die Strahlen der Venus fielen, gewahrte ich Undulationen, etwa wie wenn der Rauch eine Flamme zu sehen hindert, und zwar mit großer Schnelligkeit und unregelmäßigen Bewegungen..... Ich habe bemerkt, daß diese Lichtundulation in Beziehung zu der am Planeten erscheinenden Scintillation stand.

„Den $^{5}/_{15}$ Juni des Jahres 1603, sandten die Venus und der Mond, der im Alter von drei Tagen stand, ihre Strahlen auf die nämliche weiße Wand..... Die Strahlen der Venus erschienen stark undulirend, die des Mondes hingegen fast gar nicht."

Fünftes Kapitel.

Scintillation des Mars.

Tycho rechnet Mars unter die schwach funkelnden Sterne.

Keppler sagt, daß geübte Augen im Stande sind, eine geringe Scintillation bei diesem Planeten wahrzunehmen.

Simon Marius ertheilt ihm die erste Stelle nach Mercur und Venus.

Scheiner gibt folgende Beschreibung:

„Mars scintillirt viel und stark, vornämlich in seinem Apogäum."

Wie soll man nach allen diesen kategorischen Aussprüchen erklären, daß Jacob Cassini auf S. 42 seiner Astronomie versichert, „bei Mars lasse sich keine Scintillation wahrnehmen"?

Cassini hat sich jedenfalls getäuscht, denn Mars funkelt zuweilen in ganz unzweideutiger Weise.

Wir bemerken übrigens in Bezug auf die Scintillation der Planeten, daß kein Astronom, wie bei den Fixsternen, erwähnt, daß das Funkeln mit einer Farbenveränderung verbunden sei; die Erscheinung würde sich folglich in diesem Falle auf eine einfache Intensitätsänderung reduciren.

Nach allen diesen übereinstimmenden Zeugnissen über die Scintillation von Mercur, Venus und selbst Mars könnte man erstaunt sein, daß nach der Behauptung des Kleomedes alles geborgte oder reflectirte Licht jener Art der Vibrationsbewegung, welche wir Scintillation nennen, nicht fähig sein soll, wenn wir nicht wüßten, daß die Alten mit der Natur des Lichtes der Planeten unbekannt waren. Als zu einer gewissen Zeit Keppler sich der Meinung des Kleomedes anschloß, unterwarf er sich damit einer Hypothese, welcher der Verfasser der Astronomiae Copernicanae keineswegs auszuweichen gedachte. Vielmehr sagte und behauptete er, in seinen 1602 veröffentlichten Thesen wahrscheinlich gemacht zu haben, „daß das Licht der Planeten zum Theil ihnen eigenthümlich ist, und nur theilweise von der Sonne kommt." Das Funkeln soll bloß durch das ihnen eigenthümliche Licht entstehen: Venus hätte fast nur eigenes Licht, Saturn dagegen fast nur geborgtes.

Scheiner machte eine Bemerkung, welche im Grunde genommen die Ansicht des Kleomedes und die Theorie Keppler's beseitigte; denn wenn man von den imaginären Betrachtungen absieht, in welche ihr Urheber sich verirrt hat, so führt seine Beobachtung auf die wahre physikalische Ursache des von allen Astronomen anerkannten Unterschiedes zwischen dem sehr auffallenden Funkeln des Mercur und der kaum sichtbaren Scintillation von Jupiter oder Saturn.

„Wenn das Bild der Sonne," sagt nämlich Scheiner, „von einem vergoldeten Thurmknopfe zurückgestrahlt wird, so scheint dasselbe eine Art zitternder Bewegung zu besitzen, und bald hinauf, bald hinab zu hüpfen."

Nachdem er diese feine Bemerkung gemacht, denkt Scheiner nicht an den nahe liegenden Umstand, daß die Kleinheit des Winkels, unter welchem das Sonnenbild alsdann dem Auge erscheint, bei der beobachteten Erscheinung eine Rolle spielen könne, sondern bringt ungehöriger Weise den Einfluß der Feuchtigkeit des auf der Oberfläche des Knopfes niedergeschlagenen Thaues, oder leichter Dunstwolken zwischen dem Knopfe und dem Beobachter, damit in Verbindung.

In Hooke's Mikrographie (S. 219) findet ſich folgende Bemerkung: „Es iſt mir oft aufgefallen, daß das von einer Fenſterſcheibe reflectirte Licht der Sonne ſcintillirte.“

Dieſe Wahrnehmung genügt, um zu beweiſen, daß die Scintillation bei zurückgeworfenen Strahlen ſtattfinden kann; allein der berühmte Autor läßt die Bemerkung weg, daß das Bild der Fenſterſcheibe bei ſeiner Beobachtung nur unter einem kleinen Winkel erſchien.

Sechstes Kapitel.

Scintillation des Jupiter und des Saturn.

Simon Marius zählt den Jupiter unter die Sterne, welche funkeln; Scheiner iſt derſelben Meinung, indem er ſagt: „das Funkeln des Jupiter geſchieht blitzweiſe.“ Jacob Caſſini dagegen verſichert, daß Jupiter nie funkelt.

In Kämtz's Meteorologie lieſt man:

„Wenn die Scintillation der Sterne ſehr ſtark iſt, ſo funkeln die Planeten gleichfalls, wie ich beim Jupiter in der Nähe des Horizonts geſehen habe.“

Tycho ſagt, daß Saturn gar nicht ſcintillire, welcher Meinung Roger Baco, Gaſſendi und Jacob Caſſini beipflichten, während Simon Marius und Scheiner widerſprechen. Doch erkennen auch die beiden letztgenannten Aſtronomen an, daß der Saturn unter allen Planeten derjenige iſt, bei welchem die Erſcheinung am ſchwierigſten zu beobachten iſt.*)

*) Scheiner fügt hinzu: „der Mond funkelt nur ſelten.“ Es iſt nicht klar, welche Erſcheinung Scheiner mit dieſen Worten hat bezeichnen wollen, denn was ſoll man ſich unter dem Funkeln des Mondes vorſtellen?

Siebentes Kapitel.

Von der Scintillation in Fernröhren.

Man glaubt im Allgemeinen, daß in Fernröhren das Sternefunkeln nicht stattfinde. Obgleich von großen Männern, wie z. B. von Newton ausgesprochen, ist diese Meinung dennoch irrig, wie man sogleich sehen wird.

Der erste Astronom, der zur Beobachtung der Scintillation ein Fernrohr, und selbst ohne Ocular, anwandte, ist Simon Marius. Seine Worte lauten:

„Wer ein gutes Fernrohr unter den Händen hat, der nehme das concave Glas (des Ocular) heraus, und setze sein Auge an die Stelle des entfernten Glases; hierauf richte er das Rohr nach dem Sterne oder dem Planeten, dessen Scintillation er beobachten will.

„Mit Verwunderung wird er folgende Erscheinung wahrnehmen, wofern der Himmel recht klar und die Luft sehr ruhig ist.

„Der Umfang des Körpers der Fixsterne und Planeten wird sehr beträchtlich, und die Scintillation erscheint wie ein Blitzen oder wie ein Sieden der Sternmaterie. Während dieser Zeit sieht man eine Reihenfolge von bestimmten und unterschiedenen Farben in größerer oder geringerer Zahl, je nach dem beobachteten Gestirne. Für solche Sterne, die man bisher etwa von derselben Natur wie Mars gehalten hat, herrscht das Roth über alle anderen Farben vor; während beim Hundsstern die sämmtlichen Farben, grün, gelb, roth und blau, mit nahezu gleichem Glanze und gleicher Stärke in derselben Ordnung auf einander folgen, so daß der Beobachter die tiefste Bewunderung, mit dem lebhaftesten Vergnügen vereint, empfindet.“

„Die Erklärung dieses Phänomens“, fügt der Autor hinzu, „überlasse ich geschickteren Händen.“

Bei Scheiner findet man die folgende Bemerkung: „Wenn man durch eine Converlinse den Sirius betrachtet, so erscheint er zu gewissen Momenten ganz ausgelöscht und wie verfinstert; darauf leuchtet er plötzlich von Neuem auf.“

Mit unbewaffnetem Auge durch ein converes Glas blicken, wie Scheiner vorschreibt, heißt das Nämliche, als durch ein Fernrohr mit weggenommenem Oculare sehen, wie Simon Marius gethan hat.

Wäre der Versuch nicht mit achromatischen Objectiven wiederholt worden, so könnte man annehmen, daß bei den Beobachtungen von Marius und von Scheiner die beobachteten Erscheinungen mit der mangelnden Unverrückbarkeit des Auges, beim Vorhandensein einer Reihe verschieden gefärbter Brennpunkte, in Verbindung standen.

Hooke erzählt, S. 218 seiner Mikrographie, daß er durch ein Fernrohr kleine Sterne habe funkeln sehen wie die kleinen mit unbewaffnetem Auge sichtbaren Sterne; doch erwähnt Hooke an der angeführten Stelle keine Farbenerscheinung.

Ich komme zu einer im Jahre 1813 publicirten Beobachtung von Nicholson.

Um zu beweisen, daß die Sterne im Fernrohr scintilliren, nimmt der genannte Autor ein solches Instrument (achromatisch), und läßt dasselbe vollständig, verschiebt aber das Ocular außerhalb des Brennpunkts; hierauf richtet er es nach einem glänzenden Sterne, dessen Bild dadurch das einer unregelmäßigen Scheibe wird, welche sich der Form eines Kreises mit größerem oder geringerem Durchmesser, je nach der dem Oculare gegebenen Stellung, nähert. Ich lasse die Uebersetzung der Stelle folgen, wo Nicholson die mit dem also hergerichteten Instrumente beobachteten Phänomene beschreibt; dem Leser wird die Analogie, ich möchte sagen die Identität mit den von Simon Marius berichteten Erscheinungen nicht entgehen.

„Die kreisförmige Scheibe des Sternes besitzt ein derartiges Schwanken, daß man eine gewisse Mehrheit von Scheiben successive vor einander aufleuchten zu sehen glaubt. Diese Scheiben sind verschieden gefärbt, und zwar scheint die Erleuchtung von verschiedenen Seiten zu kommen. Blau, stahlblau, erbsengrün, die Farbe des glänzenden Kupfers, roth und weiß, sind die häufigsten Farben."

Jede Theorie der Scintillation, welche den eben beschriebenen Phänomenen nicht gerecht zu werden vermag, wird offenbar als irrig oder als unzureichend zurückzuweisen sein.

Es gibt noch ein zweites, nicht minder instructives Mittel, um das Fernrohr zum Studium des Sternefunkelns anzuwenden. Ich hatte mich deſſelben bereits ſeit dem Jahre 1812 bedient; allein da Nicholſon die betreffende Methode vor mir veröffentlicht hat (im Jahr 1813), ſo gebührt ihm ausſchließlich die Ehre der Entdeckung. Meine Anſprüche in dieſem Punkte muß ich auf einige Folgerungen beſchränken, auf welche mich die Anwendung dieſer vervollkommneten Methode geführt hat.

Folgen wir zunächſt der Darſtellung Nicholſon's.

„Nachdem ich ein achromatiſches Fernrohr von Ramsden mit vier und zwanzigfacher Vergrößerung auf den Sirius gerichtet hatte, während das Ocular in der Entfernung des deutlichen Sehens ſich befand, ertheilte ich mit den Fingern der rechten Hand dem Rohre des Inſtruments leichte, wiederholte Stöße. Das Bild des Sterns im Geſichtsfelde gerieth dadurch in eine tanzende Bewegung, und erzeugte eine leuchtende Linie, der zuſammenhängenden Lichtcurve vergleichbar, welche eine glühende, in raſche Bewegung verſetzte Kohle beſchreibt. Bei jeder Erſchütterung bewegte ſich der Stern längs einer in ſich zurückkehrenden Curve, aber von ſo unregelmäßiger Geſtalt, daß niemals zwei ſolche aufeinanderfolgenden Linien unter ſich zuſammenfielen. Die Anzahl der Stöße betrug etwa zehn in der Secunde. Die Curven erglänzten in ihren verſchiedenen Theilen mit den lebhafteſten Farben, worunter ſich ein grünliches Blau, Stahlblau und ein ſehr intenſives Braun oder Kupferroth am meiſten bemerklich machten. Es ſchien mir, als wenn jede Farbe etwa ein Dritttheil, oder etwas weniger, von der ganzen Ausdehnung der Linie einnahm. Das Licht des Sirius wechſelte demnach deutlich wenigſtens dreißig Mal in der Secunde ſeine Farbe, bevor es zum Auge gelangte.“

Dieſe numeriſche Angabe wird vielleicht in Verwunderung ſetzen.

Man kann bezweifeln, daß Nicholſon mit dem Finger ſeinem Fernrohre zehn Erſchütterungen in einer Secunde mitzutheilen im Stande war; aber wenn die Zahl dieſer Vibrationen auch nur ſechs oder ſieben betragen hätte, ſo wäre das Reſultat darum nicht minder merkwürdig.

Es folgt offenbar aus einem Verſuche, welcher darthut, daß ein Stern ſich uns im Allgemeinen nur mit einem Theile ſeines Lichtes zeigt, daß eine nothwendige Wirkung der Scintillation in der Schwächung der Bilder der Sterne beſteht. Es geſchieht ſehr ſelten, daß dieſe Geſtirne uns mit ihrem vollen eigenthümlichen Glanze erſcheinen: Sterne, welche man zur ſechſten Größe rechnet, weil ſie von Zeit zu Zeit mit unbewaffnetem Auge ſichtbar ſind, können alſo für gewöhnlich verſchwinden; dagegen kann ein Stern, der zur ſiebenten Größe gezählt wird, weil er in der Regel unſichtbar iſt, wahrnehmbar werden, ſobald das Phänomen der Scintillation ganz für ihn aufhört.

Hooke hat ſich überzeugt, daß in Bezug auf gewiſſe Sterne von der ſechſten und ſiebenten Größe das angedeutete Verhältniß in der That ſtattfindet.

Man ſieht daraus, welche Schwierigkeit die Erſcheinung der Scintillation für die photometriſchen Meſſungen darbieten muß, welche die Beſtimmung des relativen Glanzes der verſchiedenen Sterne des Firmamentes zum Zwecke haben.

Es ſchien mir von Intereſſe, zu unterſuchen, von welcher Größenclaſſe an die verſchiedenen Theile des zu einem Lichtſtreifen entwickelten Bildes eines funkelnden Sternes aufhören würden, farbig zu erſcheinen. Herr Goujon, der auf meine Bitte den Verſuch angeſtellt hat, fand, daß die Farben noch hervortreten, wenn man einen Stern ſechſter Größe beobachtet, während bei der ſiebenten Größe keine Spur davon übrig bleibt.

Nicholſon hatte nur den Sirius beobachtet.

Ich habe eine dritte Methode entdeckt, um die Scintillation mit Hülfe des Fernrohrs zu unterſuchen, und will ſie im Folgenden beſchreiben.

Seit man Fernröhre anwandte mit kleinen natürlichen Oeffnungen, — oder noch beſſer mit verkleinerten Oeffnungen, indem man vor dem Objective einen mit einem kreisrunden Loche verſehenen Deckel anbringt, — hätte man bei paſſender Entfernung vom Focus ſehen können, daß das vergrößerte Bild des Sternes in der Mitte von einem regelmäßigen dunkeln Loche durchbohrt war. Ich finde jedoch in keiner Schrift eine derartige Beobachtung angeführt. Allerdings ſteht in den

Werken von Simon Marius und von Scheiner eine auf das gleichzeitige Auftreten mehrerer Löcher bezügliche Bemerkung; allein dieſe erwähnten Löcher ſind unregelmäßig und nicht in der Mitte der Bilder befindlich. Beide Aſtronomen ſchreiben ſie den Unvollkommenheiten der Glasmaſſe des Objectivs zu.

In der That ſagt Marius ausdrücklich:

„Die Scheiben der Fixſterne und der Planeten erſcheinen in jeder Stellung des Oculars von mehreren Löchern durchbohrt, was von der Beſchaffenheit des converen Glaſes herrührt.“

Scheiner gebraucht nahe die nämlichen Ausdrücke.

Die dunkeln Löcher, deren Marius und Scheiner gedenken, exiſtiren auch für gewiſſe Augen in den undeutlichen Bildern der Sterne und irdiſcher Lichtpunkte, die ohne Gläſer beobachtet werden, jedoch mit der beſondern Eigenthümlichkeit, daß die Anzahl und die Stellung dieſer Löcher häufig von einem Tage zum anderen wechſeln. Von dieſer Erſcheinung iſt aber hier nicht die Rede: das von mir betrachtete Phänomen iſt conſtant, vollkommen regelmäßig, und bleibt für alle Augen daſſelbe. Die Beſchreibung, welche ich jetzt folgen laſſe, weicht von der in den Annales de chimie et de physique im Jahre 1824 von mir gegebenen *) kaum ab.

Wenn man vor dem Objective eines achromatiſchen aſtronomiſchen Fernrohrs einen mit einer kreisförmigen Oeffnung von kleinem Durchmeſſer — etwa 3 bis 4 Centimeter — verſehenen Schirm oder Deckel anbringt, ſo ſind die Bilder der Sterne im Focus rund, ſcharf begrenzt und von einer Reihe ſehr feiner und dicht gedrängter, abwechſelnd heller und dunkler Ringe umgeben. Der Glanz dieſer Ringe variirt unabläſſig an den verſchiedenen Theilen ihres Umfangs: oft kommt es an einigen Punkten zum gänzlichen Verſchwinden.

Schiebt man nun, während Alles in demſelben Zuſtande bleibt, das Ocular ganz allmälich weiter ein, ſo ſieht man das Bild des Sternes nach und nach größer werden, und bald entſteht im Mittelpunkte ein ſchwarzer, runder, ſcharf begrenzter Flecken, ein wahres dunkles

*) Annales de chimie et de physique, Bd. 26, S. 431; ſiehe den Anhang zu dieſem Aufſatze.

Loch. Der Abstand vom Brennpunkte, bei welchem dieser Flecken auftritt, ändert sich mit dem Durchmesser der vor das Objectiv gestellten Oeffnung.

Eine neue Verschiebung des Oculars in demselben Sinne hat zunächst eine Erweiterung des dunkeln Fleckens zur Folge, und hierauf die Bildung einer kleinen leuchtenden Scheibe in der Mitte des Loches. Vom Centrum nach der Peripherie gerechnet wird also das Bild des Sterns dann bestehen: aus der leuchtenden Scheibe, einem breiten dunkeln Ringe, und aus einem breiten Lichtringe. In einer dritten Stellung des Oculars, noch näher dem Objective, wird die Mitte des Bildes wieder dunkel sein; dem breiten glänzenden Ringe, der dieses Centrum umgibt, folgt alsdann ein dunkler Ring, an den sich seinerseits ein leuchtender Ring schließt.

Jedermann wußte, daß man in einem Fernrohre dem undeutlichen Bilde eines Sterns durch die einfache Verschiebung des Oculars immer mehr wachsende Dimensionen geben kann; allein es ist mir nicht bekannt, daß man schon bemerkt hätte, sobald die Dimensionen des Objectivs für eine bestimmte Brennweite hinlänglich verkleinert werden, daß in der Mitte des Bildes während dieser Verrückung periodisch eine dunkle oder eine helle, kreisrunde und scharf begrenzte Scheibe entsteht.

Nehmen wir für einen Augenblick an, daß das Ocular des Fernrohrs sich in einer der Lagen befinde, wo das Centrum des Sternbildes, noch ganz dunkel, im Begriffe ist, bei weiterer Verschiebung leuchtend zu werden. Wenn der Stern nicht scintillirt, so wird alsdann die Gestalt des Bildes constant bleiben; bei leichter Scintillation dagegen erscheint in der Mitte des schwarzen Fleckens von Zeit zu Zeit ein kleiner leuchtender Punkt, als wenn man in diesem Augenblicke das Ocular ein wenig hineingeschoben hätte. Ist das Funkeln lebhaft, so sind die Veränderungen dieser Art continuirlich.

Wie man weiter unten sehen wird, lassen alle diese Umstände aus der von mir aufgestellten Erklärung des ganzen Phänomens sich einfach ableiten.

Ich habe schließlich nur eine Bemerkung hinzuzufügen. Die annähernde Bewegung des Oculars nach dem Objective ist als ein Mit-

tel angezeigt worden, um in der Mitte des Bildes nach einander ſchwarze und leuchtende Flecken entſtehen zu laſſen. Entfernt man das Ocular vom Objectiv, ſo treten analoge Wirkungen ein: dieſelben haben aber geringere Schärfe, und werden durch einige Farbenerſcheinungen complicirt. Brewſter hat in ſeiner Abhandlung über die aſtronomiſchen Inſtrumente (on new philosophical instruments) angegeben, daß die kreisförmigen Bilder der Sterne, oder die Schnitte der im Brennpunkte eines Fernrohrs ſich vereinigenden Strahlenkegel, niemals weder ſo deutlich, noch ſo ſcharf jenſeit des Focus ſind, als vor der Kreuzung der Lichtſtrahlen. Ich erinnere an die Wahrnehmung des berühmten ſchottiſchen Phyſikers, um daran die Bemerkung zu knüpfen, daß ſie zu den vorſtehenden Beobachtungen in keiner Beziehung ſteht: Brewſter ſpricht in der That von den Umriſſen des Bildes, während ich die Aufmerkſamkeit des Leſers nur auf die Veränderungen, welche in ſeinem Centrum vorgehen, habe lenken wollen.

Achtes Kapitel.

Ueber den Einfluß der Oscillationen auf die in den Fernröhren erzeugten Bilder.

Da es Manchem etwas ſchwer fällt zu begreifen, wie unſerer Annahme im vorhergehenden Kapitel zufolge, eine kleine, dem Tubus eines Fernrohrs mitgetheilte Erſchütterung das äußerſt concentrirte Bild eines Sternes in einen langen Lichtſtreifen auflöſen ſoll, ſo will ich einige Erläuterungen über dieſen Punkt beifügen.

Ein wohleingerichtetes Fernrohr beſteht aus zwei Linſen, Objectiv und Ocular genannt, deren Aren ſich dergeſtalt entſprechen, daß die eine in der Verlängerung der anderen liegt.

Das Bild eines Sternes, den ich der Einfachheit halber als unbeweglich annehmen will, wird ſich immer in der Richtung der den Stern und den Mittelpunkt des Objectivs verbindenden Linie erzeugen.

Wenn dieſe Verbindungslinie das Objectiv ſenkrecht trifft, mit anderen Worten, wenn ſie mit ſeiner Are zuſammenfällt, ſo erſcheint das Bild in der Mitte des ſogenannten Geſichtsfeldes des Fernrohrs.

Im entgegengeſetzten Falle wird das Bild mehr oder weniger excentriſch, je nachdem die Axe des Objectivs und der vom Stern kommende Lichtſtrahl mehr oder weniger gegen einander geneigt ſind.

Setzen wir nun voraus, daß die zur Bildung des Focalbildes beitragenden Strahlen bei ihrem weiteren Verlaufe aus dem Fernrohr austreten, und vermöge der Wirkung des Oculars unter ſich parallel in das Auge des Beobachters gelangen, ſo müſſen dieſelben zugleich der Verbindungslinie zwiſchen dem Bilde und der erwähnten Ocularlinſe parallel ſein. Es iſt offenbar, daß die Richtung dieſer Linie, oder des parallelen Strahlenbündels, welches das Auge trifft, den Punkt auf der Netzhaut beſtimmt, wo ſich ſchließlich der Stern abbildet.

Wir wollen jetzt annehmen (während das Fernrohr unbeweglich bleibt, die Strahlen des Sterns ſenkrecht auf das Objectiv fallen, und das Bild im Mittelpunkte des Geſichtsfeldes erſcheint), daß dem Oculare eine horizontale Bewegung von der Rechten zur Linken, oder umgekehrt mitgetheilt werde. Jeder Stellung deſſelben wird auf der Netzhaut ein von dem urſprünglichen Bilde mehr oder weniger entferntes Bild entſprechen, welches aber immer in horizontaler Richtung neben jenem ſich befinden muß.

Wenn endlich die Bewegung des Oculars nach ihrer ganzen Ausdehnung in einer kürzeren Zeit vollendet wird, als zum Verſchwinden jedes einzelnen Bildes des Sterns erforderlich iſt, (in weniger als einer Siebentel Secunde, nach den Experimenten von d'Arcy), ſo wird der Stern als eine continuirliche horizontale Lichtlinie erſcheinen.

Eine Verticalbewegung des Oculars würde eine continuirliche verticale Lichtlinie erzeugen, und eine geneigte Linie einer geneigten Bewegung entſprechen. Folglich wird auch eine hinreichend raſche krummlinige Bewegung des Oculars den Stern in einen krummlinigen und continuirlichen Lichtſtreifen umwandeln.

Die oben beſchriebenen Bewegungen haben einzig in der Verrückung des Oculars in Bezug auf das Bild im Brennpunkte beſtanden; man kann aber genau dieſelbe Verrückung hervorbringen, wenn man die Axe des Fernrohrs ſucceſſive auf einen Punkt links oder rechts vom Stern richtet, wenn man etwas zu hoch oder etwas zu tief viſirt,

u. ſ. w. Dieſe Verrückungen bewirken in der That, daß das Bild des Sternes links, rechts, oben, unten u. ſ. w. in Bezug auf das Centrum des Fernrohrs oder Geſichtsfeldes, wo es urſprünglich war, entſteht: die Lage des Bildes im Raume bleibt allerdings conſtant, dagegen entfernen oder nähern ſich die Wände des Fernrohrs, auf der einen oder der anderen Seite, dem Orte des Bildes, dem Sinne der mitgetheilten Bewegung entſprechend; und wenn man ſich erinnert, daß das Ocular jetzt auf eine unveränderliche Weiſe mit dem Fernrohre verbunden gedacht wird, ſo daß die Verlängerung ſeiner Axe beſtändig mit der Axe des Tubus zuſammenfällt, ſo wird man begreifen, wie jede Ortsveränderung des Bildes in Bezug auf irgend einen Theil des Tubus, nothwendigerweiſe von einer entſprechenden relativen Ortsveränderung des Oculars in Bezug auf daſſelbe Bild begleitet ſein muß, und daß dieſe Verrückungen den nämlichen Effect haben werden, als ob, bei feſtem Bilde, das Ocular ſich bewegt hätte.

Wenn man darauf ausgeht, dieſe Bewegungen regelmäßig zu machen, um dadurch Meſſungen an der Stelle der einfachen Wahrnehmung zu ermöglichen, ſo werden die Mechaniker zu entſcheiden haben, ob regelmäßige, raſch auf einander folgende Verrückungen des Oculars mechaniſch nicht leichter zu erzielen ſind, als Oscillationen des Fernrohres.

Neuntes Kapitel.

Funkeln die Sterne, ohne Rückſicht auf ihre Größe, auf gleiche Weiſe, wenn ſie in derſelben Höhe über dem Horizonte ſtehen? oder finden im Gegentheil, in Bezug auf die Scintillation, ſpecifiſche Unterſchiede ſtatt zwiſchen Sternen von derſelben oder von verſchiedener Größe?

Roger Baco ſagt, daß nicht alle Sterne funkeln, ſo wie daß die Erſcheinung vorzugsweiſe bei den helleren Sternen gefunden wird, und fügt hinzu, „daß eben ſo wie ein zu ſchwacher Glanz zur Wahrnehmung der Scintillation nicht ausreicht, ein zu lebhafter Glanz den Geſichtsſinn überreizt und ihn ganz abſorbirt, dergeſtalt daß das Funkeln oder Flackern nicht mehr bemerkt wird.“

Scaliger rechnet die Größe eines Gestirnes unter die Zahl der Ursachen, welche seine Scintillation begünstigen.

Keppler führt zur Unterstützung dieser Bemerkung den neuen Stern von 1604 an: „Zu Anfang, sagt er, entsprach sein Glanz dem Maximum seiner Größe; dann nahm er ab, und seine Scintillation ward schwächer."

In diesen Worten herrscht ein wenig Unklarheit, denn im Jahre 1604 besaß kein Beobachter ein Mittel, um die Größe des neuen Sterns zu messen. In angemessener Auslegung kann die Beobachtung Keppler's nur heißen: das Funkeln des Sternes von 1604 nahm mit seinem Glanze ab.

Gassendi bestätigt, daß die kleinen Sterne weniger funkeln, als die großen.

Hooke (S. 218 der Mikrographie) spricht von der Scintillation der Sterne sechster Größe.

„Diese Scintillation", fügt er hinzu, „führt von Zeit zu Zeit ihr völliges Verschwinden herbei."

Keppler sagt in seinem Werke über den neuen Stern von 1604, daß nicht alle Sterne in gleichem Grade scintilliren, auch wenn ihre Größe und ihre Höhe über dem Horizonte die nämlichen seien.

In der Schrift Astronomiae pars optica charakterisirt Keppler die in Rede stehenden Unterschiede in folgenden Worten:

„Sirius zeigt stärkere Scintillationen mit größeren Intervallen als Arctur.....

„Sehr rasche Scintillationen beobachtet man im Herzen des Scorpions (Antares), sehr langsame dagegen nimmt man im Auge des Stiers (Aldebaran) wahr. Capella und Wega haben denselben Glanz; dennoch unterscheidet man keine Farbenwechsel in der Leier, während sie in der Ziege sehr zahlreich sind, besonders die Purpurfarbe."

Lalande behauptet, daß α leonis (Regulus) mehr scintillirt, als die Aehre der Jungfrau (Spica), obgleich der letztere Stern ihm etwas heller als der andere erscheint.

Forster hat seine Aufmerksamkeit vorzugsweise auf die Erscheinung des Farbenwechsels gewendet, welche mit der Scintillation wohl iden-

tisch sein könnte, und führt unter verschiedenen Sternen die folgenden Unterschiede an:

„Antares, α Orionis (Betelgeuze) und einige andere rothe (?) Sterne zeigen die Farbenänderungen mit großer Intensität, vor allen Antares; während dieselben schwach sind beim Sirius und bei anderen weißen, glänzenden Sternen. Man bemerkt keine Farben beim Procyon, nur schwach bei Capella, und dagegen sehr beträchtlich bei α Lyrae und Arctur. Der Antares bleibt jedoch der Stern, welcher sie am deutlichsten zeigt."

Wie man sieht, findet eine augenfällige Differenz zwischen den Resultaten von Keppler und von Forster statt. Ersterer bezeichnet Wega als einen Stern, bei dem keine Farbenwechsel wahrgenommen werden, während der Letztere dieselbe zu den Sternen rechnet, wo diese Veränderungen mit der größten Intensität auftreten. Eben so widersprechend sind die Angaben Beider in Bezug auf Capella: nach Keppler scintillirt dieser Stern stark, nach Forster dagegen wenig, was mir den Thatsachen zuwider scheint.

Diese Abweichungen und Widersprüche werden nicht eher verschwinden, als bis man ein Scintillometer erfunden hat; weiter unten werden wir auf diesen Gegenstand zurückkommen.

Ich glaube indessen nicht, daß man auf die Erfindung eines Scintillometers zu warten nöthig hat, um sich über eine Behauptung von Scheiner auszusprechen, nach welcher das Scintilliren um so intensiver sein soll, je nördlicher der Stern steht. Es bedarf in der That keines Instruments, um die Versicherung zu wagen, daß die Unterscheidung zwischen den nördlichen und südlichen Sternen ohne allen Grund ist.

Zehntes Kapitel.

Ueber den angenommenen Einfluß der Entfernung der Gestirne auf ihre Scintillation.

Copernicus glaubt an den Einfluß der Entfernung der Gestirne auf ihre Scintillation, wie aus folgender Stelle seines Werkes hervorgeht: *)

*) De revolutionibus orbium coelestium, Buch 1. Kap. 10.

„Daß ein ungeheurer Abstand zwischen Saturn, dem entferntesten unter den Planeten, und der Sphäre der Fixsterne sein muß, geht aus der Scintillation der letzteren hervor, denn diese ist ein Hauptmerkmal, welches sie von den Planeten unterscheidet."

Kopernicus hatte offenbar das Scintilliren bei keinem Planeten beobachtet. Aber wenn Tycho gleichfalls behauptet, daß das Funkeln der Gestirne von ihrer Entfernung abhängig ist, und in seinen Progymnasmatis, bei Gelegenheit des neuen Sternes von 1572 sagt:*) „die schöne glänzende Scintillation dieses Gestirnes beweist, daß sich dasselbe in der höchsten und unermeßlichen Region der Fixsterne befand, und folglich sehr weit von derjenigen, wo die Planeten ihre Revolutionen vollenden", so fragt man sich, wie Tycho diese Worte mit den über das Funkeln von Mercur und Venus von ihm selbst angestellten Beobachtungen zu vereinigen vermochte.

Was Keppler betrifft, so glaubt er aus der Bemerkung, daß während die nahen Planeten Mercur und Venus stark funkeln, die entfernteren Jupiter und Saturn nicht scintilliren, den Beweis ableiten zu können, daß die Distanz keinen Einfluß auf das Funkeln der Sterne hat. Indeß vergißt Keppler bei dieser Schlußfolgerung den Gesichtswinkel des leuchtenden Objects, welcher von Einfluß sein kann, und in der That eine Hauptrolle spielt.

Elftes Kapitel.

Welche Modificationen erfährt die Scintillation durch die atmosphärischen Zustände?

„Wenn die Atmosphäre feucht und von stürmischem Winde bewegt ist," sagt Keppler (Stella nova), „so haben die Gestirne einen lebhaften Glanz; sie erscheinen groß, und ihre Scintillation ist von gesteigerter Intensität."

An einer anderen Stelle drückt er sich folgendermaßen aus: „Es ist falsch, daß die Scintillation durch Veränderungen in der Atmosphäre bedingt werde."

*) Progymnasmata, Bd. 1. Kap. 6. S. 401.

Scheiner versichert ebenfalls beobachtet zu haben, daß die Erscheinung des Sternefunkelns bei feuchtem Wetter mehr hervortritt, als bei Trockenheit.

Um die Vorstellung zu bekämpfen, als hänge die Scintillation von Dünsten oder Dämpfen ab, die in der Atmosphäre verbreitet sind, bemerkt Musschenbroek, daß in Holland, „bei ausnehmender Kälte, wenn der Frost intensiv und das Wetter heiter ist im Winter, alle Sterne sehr lebhaft scintilliren."

A. v. Humboldt berichtet, daß der Beginn der Regenzeit unter den Tropen mehrere Tage zuvor durch das Funkeln der höheren Sterne angezeigt wird.

Biot sagt, die Scintillation werde hauptsächlich bei herannahendem Regen, wenn eine lange Trockenheit vorhergegangen ist, beobachtet. „Das Zittern der Sterne", fügt er hinzu, „ist dann so auffallend, daß es ein Signal für die Matrosen wird."*)

In Kämtz's Meteorologie findet sich folgende Bemerkung:

„Am stärksten jedoch ist das Funkeln nach meinen Erfahrungen, wenn in den obern Regionen der Atmosphäre lebhafte Winde wehen, wie man namentlich an der Schnelligkeit der Wolken erkennt, und wenn dabei heiterer und bewölkter Himmel in kurzer Zeit wechseln."

Ich will jetzt die Beobachtungen zusammenstellen, aus denen hervorzugehen scheint, daß an gewissen Orten und zu gewissen Jahreszeiten, die Sterne nur wenig oder gar nicht scintilliren.

La Condamine behauptet gefunden zu haben, daß in dem Theile von Peru, wo es nicht regnet, die Scintillation geringer ist, als in unseren Klimaten.**)

Garcin berichtete der Akademie der Wissenschaften, im Jahre 1743, daß in Bender-Abassi, am persischen Meerbusen, während der außerordentlichen Trockenheit, welche im Frühling, Sommer und Herbst in diesem Hafen herrscht, die Sterne nicht funkeln. „Ihr Licht", sagt er, „ist rein, fest und glänzend, ohne eine Spur von Flackern.

---

*) Traité d'astronomie physique, dritte Ausgabe, Bd. 1, S. 289.

**) Mémoires de l'Académie des sciences, 1743, S. 31.

Erſt in der Mitte des Winters wird die Scintillation, obgleich nur ſehr ſchwach, bemerkbar.“*)

Garcin fügte hinzu, daß er unter gleicher Breite mit Bender, aber in einem feuchten Klima, in Bengalen die Sterne habe funkeln ſehen.

Nach der Rückkehr von ſeiner Reiſe nach Oſtindien verſicherte Le Gentil, daß in den Monaten Januar und Februar, zu Pondichery die Sterne keine Scintillation beſitzen.**)

Beauchamp ſchrieb an Lalande, daß in Bagdad die Sterne nicht mehr funkelten, ſobald ſie eine Höhe von 45 Graden über dem Horizonte erreicht hätten.

Wenden wir uns jetzt zu den Werken von Alexander v. Humboldt, dieſem berühmten Gelehrten, deſſen Scharfblicke auf ſeinen Reiſen Nichts entgangen iſt, ſo werden wir etwas weniger kategoriſche Angaben, als die vorhergehenden finden, welche gerade aus dieſem Grunde mehr Zutrauen einflößen müſſen.

Zu Anfang April, an den Ufern des Orinoco, bei einer ſehr feuchten Atmoſphäre, konnte man kein Scintilliren der Sterne wahrnehmen, ſelbſt nicht bei einer Höhe von 4 bis 5 Graden über dem Horizonte.***)

Im Thale von Tuy in Venezuela, unter 10° 17′ nördlicher Breite, ſah Humboldt trotz einer ausnehmenden Trockenheit die Sterne funkeln bis zu 80° Höhe.****)

In der Regel iſt in Cumana die Scintillation nicht merkbar, wenn die Höhe der Sterne 25 Grade überſteigt. Als indeſſen am 24. und am 26. October das hunderttheilige Thermometer raſch auf 23 Grad gefallen war, ward das Funkeln bis zum Zenith hinauf ſehr auffallend. Humboldt glaubt im Allgemeinen, daß in dieſer beſonderen Localität das Phänomen ſich weniger unter dem Einfluſſe der Feuch-

*) Garcin ſagt, daß in Bender-Abaſſi Frühling, Sommer und Herbſt vergehen, ohne daß eine Spur von Thau fällt.

**) Mémoires de l'Académie des sciences, 1771, S. 264.

***) Relation historique, Bd. 2, S. 236.

****) Ebendaſ. Bd. 2. S. 48.

tigkeit offenbart, als vielmehr infolge einer plötzlichen Abkühlung der Atmosphäre. Die Haupturſache würde demnach in der Miſchung auf- und abſteigender Luftſtrömungen von verſchiedenen Temperaturen zu ſuchen ſein.*)

Uſſher ſagte im Jahre 1788: „Ich habe immer bemerkt, daß die Nordlichter die Bilder der Sterne in den Teleſkopen auffallend undulirend machen.“ **)

Necker de Sauſſure verſichert, daß in Schottland die Sterne nicht funkeln, es müßte denn ein Nordlicht am Himmel ſtehen.***)

Dieſes höchſt auffällige Reſultat verdient in jeder Beziehung die Aufmerkſamkeit der ausgezeichneten Beobachter, deren es in Schottland ſo viele gibt, auf ſich zu ziehen.

Man wird die laufenden Anſichten über die auf dem Gipfel hoher Berge zu beobachtende Scintillation beträchtlich herabſtimmen müſſen, wenn man dem Glauben ſchenken darf, was Sauſſure von ſeinen Beobachtungen auf dem Col du Géant berichtet:****)

Am Col du Géant, ſagt der berühmte Naturforſcher, war ſtets eine ſehr ſtarke Scintillation bei den Sternen in der Nähe des Horizonts wahrzunehmen, wie z. B. bei Capella. „Den 2. Juli um Mitternacht, zeigten die Sterne der Leier, des Schwans, des Adlers und die mit ihnen gleich hoch ſtehenden durchaus keine Scintillation; den 6. Juli dagegen (leider iſt die Stunde nicht angegeben) ſah ich ein ſtarkes Funkeln beim Arctur, ziemlich ſtarkes bei Atair, und nur wenig bei Deneb: Wega allein blieb ruhig.“

Alle dieſe Beobachtungen bedürfen der Wiederholung mit Hülfe von Methoden, die Irrthümern weniger unterworfen ſind. Erſt dann wird man es als eine für die Wiſſenſchaft erworbene Thatſache anſehen

*) Ebendaſ. Bd. 2. S. 317.

**) Siehe den Aufſatz über das Nordlicht, im 1. Bande der wiſſenſchaftlichen Aufſätze, Arago's Werke, Bd. 4, S. 481.

***) Ebendaſ. S. 583.

****) Voyage au Col du Géant, Bd. 4, S. 301.

dürfen, daß es Orte, Jahreszeiten, Tage und Höhen gibt, wo die Sterne keine Scintillation erleiden.

Zwölftes Kapitel.

Von der Modification, welche die Höhe eines Sterns über dem Horizonte in Bezug auf die Erscheinung der Scintillation erzeugt.

Scheiner und im Allgemeinen sämmtliche Beobachter, welche von der Scintillation gehandelt haben, sagen, daß die Sterne um so mehr funkeln, je näher sie dem Horizonte stehen.

Dieß ist in so fern wahr, als das Phänomen in der Nähe des Horizonts leichter zu beobachten ist, als in gewissen Höhen über demselben.

Indessen findet man in Hooke's Mikrographie folgende, durch ihre Feinheit bemerkenswerthe Wahrnehmung:

„Man beobachtet, daß die Scintillation in der Nähe des Horizonts bei weitem nicht so rasch und so plötzlich ist, beim Uebergange von einem Zustand des Sterns zum folgenden, als beim Funkeln der dem Zenith nahe stehenden Sterne."

Dreizehntes Kapitel.

Ist die Scintillation eines Sternes die nämliche für verschieden gestellte Beobachter?

Ueber diese Frage spricht sich Keppler folgendermaßen aus (Astronomiae pars optica):

„Ich habe mehrere Personen angestellt, welche in dem Moment, wo sie eine Veränderung in dem Lichte eines Sternes beobachteten, ein Zeichen gaben. Immer wurde bemerkt, daß die von dem stummen Beobachter wahrgenommene Erscheinung augenblicklich von dem anderen angezeigt wurde."

Nichts kann schärfer oder bestimmter ausgesprochen sein, als dieses Resultat; dennoch muß ich gestehen, daß wenn ich mir die außer-

ordentlich raſchen Veränderungen vergegenwärtige, welche beim Sirius beobachtet werden, ich Mühe habe, die Möglichkeit dieſes gewiß ſehr intereſſanten, von Keppler und ſeinen Mitarbeitern angeſtellten Verſuchs zu begreifen.

Dieſer Verſuch mag vermuthlich nicht wenig zur Befeſtigung der Meinung Keppler's beigetragen haben, daß die Scintillation kein atmoſphäriſcher Vorgang ſei, ſondern daß ſie zum weſentlichen Theile von reellen Veränderungen, die in der Subſtanz der Geſtirne ſich ereignen, abhänge. Die Wiederholung der Beobachtung würde folglich von Intereſſe ſein, und könnte meines Erachtens etwa in folgender Weiſe angeſtellt werden:

Man nehme nicht ein gewöhnliches Fernrohr, ſondern ein Heliometer, d. h. ein Inſtrument, deſſen Objectiv in der Mitte durchſchnitten iſt. Alsdann kann man nach Belieben zwei deutliche und gleichzeitig geſehene Bilder von einem und demſelben Sterne erhalten: ein Bild, welches durch die auf die öſtliche Hälfte des Objectivs fallenden Strahlen erzeugt wird, und ein zweites, den auf die etwas verſchobene weſtliche Hälfte fallenden Strahlen entſprechend. Nach dieſem wende man auf die beiden Bilder das oben beſchriebene Verfahren an (S. 12), als wir uns mit dem einzigen Bilde eines gewöhnlichen Fernrohrs beſchäftigten: beide Bilder werden durch eine leichte Erſchütterung des Heliometerrohres ſich in zwei Lichtſtreifen umwandeln laſſen. Ich wage nun vorherzuſagen, daß dem Reſultate Keppler's entgegen, die beiden Bildſtreifen oder Lichtlinien einander unähnlich ſein werden, obgleich bei dieſem Verſuche Strahlen zur Vergleichung kommen, welche urſprünglich nicht um mehrere Fuße, ſondern nur um wenige Linien von einander getrennt ſind.

Vierzehntes Kapitel.

Von den complementären Farben.

Da die Erklärung, welche ich von der Scintillation zu geben beabſichtige, auf gewiſſen Eigenſchaften des Lichtes beruht, die dem größeren Publicum weniger bekannt ſein dürften, ſo will ich damit

beginnen, dieſe Eigenſchaften dem Leſer ſo anſchaulich als möglich vor Augen zu führen. Doch werde ich dieſer Auseinanderſetzung einige unentbehrliche Notizen über die complementären Farben vorausſchicken.

Da alle Sterne des Firmaments beim Vorgange der Scintillation lebhaft farbig erſcheinen, ſo ſind unzweifelhaft unter den Strahlen, aus denen ihr Licht beſteht, einige, welche alsdann nicht auf das Auge wirken: ſei es nun, daß ſie im Augenblicke ihres Eindringens in das Sinnesorgan aufgehalten werden, oder daß ihre Wirkung vernichtet wird, bevor ſie die Netzhaut treffen, oder auf der Oberfläche dieſer Membran ſelbſt. Es wird uns alſo nützlich ſein, zu wiſſen, welche Farbe das weiße Licht annimmt, ſobald einige der daſſelbe conſtituirenden Strahlen abgetrennt werden.

Es gibt mehrere Mittel, um dieſes Problem zu löſen; ich führe nur ein einziges an.

Man lege zwei geſchliffene Gläſer mit großer Brennweite über einander: werden dieſelben weißem Lichte ausgeſetzt, ſo erblickt man rings um den Berührungspunkt eine Reihe farbiger Ringe, ſowohl im reflectirten als im durchgehenden Lichte. Dieſe Ringe entſtehen infolge der Zerlegung, welche das weiße Licht, der verſchiedenen Dicke der zwiſchen den beiden Linſen enthaltenen Luftſchicht entſprechend, erfährt. Der Theil dieſes Lichtes, der im reflectirt geſehenen Ringe fehlt, findet ſich ganz in dem beim Durchgange erzeugten, wie ſich leicht beweiſen läßt, wenn man die beiden Reihen von Ringen, welche von zwei gleich intenſiven weißen Lichtbündeln herrühren, gleichzeitig ins Auge gelangen läßt. Alsdann verſchwindet in der That jede Spur von Ringen: die Ringe des durchgelaſſenen Lichtes neutraliſiren, oder wenn man lieber will, färben die reflectirten Ringe weiß.

Wenn man alſo die individuellen Farben der correſpondirenden Ringe, d. h. der Ringe von gleichem Durchmeſſer, im zurückgeworfenen und im durchgehenden Lichte geſehen, vergleicht, ſo erhält man eine Reihe von complementären Farben, d. h. von Farben, welche vereinigt weiß erzeugen.

In der Optik Newton's findet sich eine Zusammenstellung verschiedener Ringe im reflectirten und durchgelassenen Lichte, die demselben Durchmesser entsprechen. Folgende Tabelle enthält die Resultate:

	Farben correspondirender Ringe im reflectirten und im durchgehenden Lichte.	
Erster Ring	roth	blau.
Zweiter Ring	roth	blau.
Dritter Ring	roth	grünlichblau.
Vierter Ring	roth	bläulichgrün.
Erster Ring	gelb	violett.
Zweiter Ring	gelb	violett.
Erster Ring	grün	roth.
Zweiter Ring	grün	roth.

Es gibt also verschiedene Gattungen Roth: es existiren Farben, welche, ohne aufzuhören, Roth zu heißen, zu ihrer complementären Farbe Blau, Grünlich-Blau, Bläulich-Grün, oder bloß Grün haben können.

Das Gelb hat zu seiner Complementärfarbe stets Violett.

Wenn nun aus einem Bündel weißen Lichtes eine rothe Elementarfarbe, oder eine Summe von Farben, die nahezu die nämliche Wirkung geben, weggenommen wird, so kann das übrig bleibende Bündel entweder blau, oder blaugrün, oder grün sein. Nimmt man aber aus einem weißen Bündel Gelb oder Violett weg, so ist das was übrig bleibt, resp. violett oder gelb.

Diese Sätze enthalten Alles, was wir für unseren Zweck zunächst bedürfen.

Fünfzehntes Kapitel.

Von den Interferenzerscheinungen und ihren Gesetzen.

Sei O (Fig. 1.) ein Punkt, von welchem homogenes Licht, z. B. Roth ausgeht; A und B zwei reflectirende Spiegel*), welche die gleich hellen Strahlen OA, OB nach dem nämlichen Punkte P einer Fläche oder eines Schirmes hinsenden. Wir nehmen an, daß die Figur OAPB ein Rhombus sei, damit die Länge des von dem einen Strahle durchlaufenen Weges OAP dem Wege OBP gleich werde, welchen der andere Strahl zurücklegt, um gleichfalls von O nach P zu gelangen.

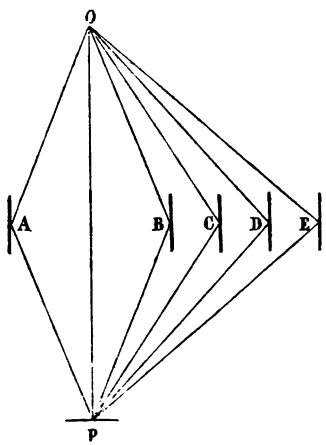


Fig. 1. — Versuch der Interferenzen.

Jeder Strahl für sich genommen erleuchtet den Punkt P auf eine gewisse Art; vereint werden beide Strahlen sicherlich eine größere Helligkeit hervorbringen.

*) Die in der Figur gegebene Stellung der Spiegel ist nicht diejenige, deren die Physiker sich gewöhnlich zu bedienen pflegen, um die Interferenzgesetze zu demonstriren. Allein die von mir gewählte Anordnung scheint mir hier geeigneter, um dem an geometrische Betrachtungen wenig gewöhnten Leser die Erscheinungen anschaulich zu machen.

Denken wir uns jetzt, daß der Spiegel B allmälich von der Linken zur Rechten fortrücke, indem er dabei immer sich selbst parallel bleibt. Die Strahlen OC, OD u. s. w., die er in jeder seiner neuen Lagen nach dem Punkt P sendet, werden dabei die Wege OCP, ODP, u. s. w. durchlaufen, welche von OBP, oder was dasselbe ist, von OAP um so mehr verschieden sind, je weiter die jedesmalige Lage des Spiegels von seiner ursprünglichen Stellung in B sich entfernt hat.

Kehren wir zu dieser ursprünglichen Lage zurück, und betrachten aufmerksam P, während der Spiegel B sich allmälich nach Rechts bewegt. Anfänglich war dieser Punkt sehr hell, infolge der gemeinschaftlichen Wirkung der Strahlen OAP und OBP; dann nimmt seine Helligkeit allmälich stufenweise ab, je weiter der Spiegel fortrückt; bald endlich gelangt man zu einer Lage C, für welche in P vollständige Dunkelheit herrscht, obgleich zwei Lichtstrahlen OAP und OCP sich dort kreuzen. Geht man nun über die Lage C hinaus, so entsteht wieder Helligkeit in P, welche das Maximum ihrer Intensität erreicht, wenn der Spiegel z. B. in D ist, und darauf ein zweites Mal verschwindet, sobald die Strahlen von E reflectirt werden. Eine in demselben Sinne auch jenseit E fortgesetzte Bewegung ruft ohne Aufhören von Neuem alternirende Zustände von Licht und Dunkelheit im Punkte P hervor.

Um die Consequenzen, welche aus diesem Versuche unabweisbar hervorgehen, zur völligen Klarheit zu bringen, wollen wir eine der Stellungen C des reflectirenden Spiegels, für welche P völlig dunkel ist, einen Augenblick fixiren, und einen undurchsichtigen Schirm abwechselnd auf die Wege OAP und OCP bringen; wir können uns dadurch überzeugen, daß jeder der beiden Strahlen, für sich genommen, den Punkt P vollkommen erleuchtet: die Dunkelheit entspringt erst aus ihrer Vereinigung.

Zwei von einem und demselben Punkte ausgehende Strahlen homogenen Lichtes können demnach, je nach den Umständen, sich addiren, sich zum Theil zerstören, oder vollständig aufheben: man ist im Stande, wie seltsam dies auch scheinen mag, durch Hinzufügung von Licht zu Licht, Dunkelheit zu erzeugen. Der Vorgang, bei welchem

zwei Strahlen ſich addiren oder ſich aufheben, wird Interferenz genannt.

Worin beſtehen jetzt die Umſtände, welche bewirken, daß zwei Strahlen deſſelben Urſprungs ſich addiren, oder ſich aufheben? Ich antworte: in den Unterſchieden der Länge der von dieſen Strahlen durchlaufenen Wege, von ihrem gemeinſchaftlichen Urſprunge an bis zu ihrem Kreuzungspunkte auf dem Schirme in P.

Wenn die Differenz der durchlaufenen Wege Null iſt, ſo addiren ſich die Strahlen.

Sei jetzt d die erſte, d. h. die kleinſte Differenz in der Länge der durchlaufenen Wege, für welche ſich die Strahlen von Neuem addiren, alſo in der Figur der Lage des reflectirenden Spiegels in D entſprechend.

Dann werden die Strahlen ſich in ihrer Wirkung addiren für alle in der folgenden Reihe

$$0,\ d,\ 2d,\ 3d,\ 4d,\ \text{u. ſ. w.}$$

inbegriffenen Wegunterſchiede. Dagegen werden ſie ſich vollſtändig aufheben oder in ihrer Wirkung neutraliſiren, für alle den Gliedern der Reihe

$$\tfrac{1}{2}d,\ d+\tfrac{1}{2}d,\ 2d+\tfrac{1}{2}d,\ 3d+\tfrac{1}{2}d,\ \text{u. ſ. w.}$$

entſprechenden Gangunterſchiede.

Für ſolche Differenzen in der Länge der durchlaufenen Wege, welche zwiſchen den Gliedern dieſer beiden Reihen enthalten ſind, findet ein theilweiſes Addiren oder Aufheben der Strahlen ſtatt.

Das Reſultat der Vereinigung zweier Strahlen liegt dem Maximum des Glanzes, oder ihrer völligen Vernichtung um ſo näher, je mehr ſich der Unterſchied in den durchlaufenen Strecken reſp. einem Gliede der Reihe:

$$0,\ d,\ 2d,\ 3d,\ \text{u. ſ. w.}$$

oder der anderen Reihe:

$$\tfrac{1}{2}d,\ d+\tfrac{1}{2}d,\ 2d+\tfrac{1}{2}d,\ 3d+\tfrac{1}{2}d,\ \text{u. ſ. w.}$$

nähert.

Die Größe d, welche die periodiſchen Zuſtände der Addition oder der Subtraction zweier Strahlen beſtimmt, ändert ſich mit der Farbe derſelben, was für die geometriſche Anſchauung ſo viel ſagen will, als:

die Stellungen des nach rechts beweglichen reflectirenden Spiegels in C, D, E u. ſ. w., welche reſp. 1) der erſten Vernichtung der ſich kreuzenden Strahlen, 2) ihrer Addition, 3) einer zweiten Vernichtung, u. ſ. w. entſprechen, ſind je nach der Stelle verſchieden, die im prismatiſchen Spectrum die Strahlen, mit denen man operirt, einnehmen.

Die genaue Unterſuchung ergibt, daß die Größe d gleich 0,00041 Millimeter iſt für die äußerſten violetten Strahlen; 0,00049 Mill. für Grünlichblau; 0,00053 Mill. für Gelblichgrün; 0,00060 Mill. für Orangeroth, und 0,00064 Mill. für das äußerſte Roth. Die ganze Aenderung von d zwiſchen dem äußerſten Violett und dem äußerſten Roth beträgt folglich 0,00023 Millimeter.

Wir wollen jetzt an die Stelle des Punktes O, von welchem das homogene Licht ausging, einen weißes Licht ausſendenden Punkt ſetzen, und dieſelbe Reihe von Verſuchen wie vorhin beginnen, indem wir den Spiegel B wiederum von der Linken zur Rechten ſich bewegen laſſen.

In der Anfangsſtellung B ſtimmen die Strahlen von beliebiger Farbe, welche dieſer Spiegel zurückſtrahlt, mit den vom Spiegel A reflectirten Strahlen überein: der Punkt P iſt folglich ſehr hell und weiß.

Rückt man nun allmälich von B nach Rechts, ſo gelangt der Spiegel zunächſt nach einer der Vernichtung der violetten Strahlen correſpondirenden Stellung: der Punkt P wird alsdann weiß weniger violett, d. i. gelb.

Wenn der Spiegel zu einer der Neutraliſation der rothen Strahlen entſprechenden Lage kommt, ſo wird P weiß weniger roth, oder grün erleuchtet ſein, und ſo fort für alle Zwiſchenlagen.

Streng genommen müßte man, um die aus der Aufhebung der violetten, rothen u. ſ. w. Strahlen im Punkt P entſtehenden Farben zu beſtimmen, die partiellen Schwächungen mit in Rechnung ziehen, welche die in der Reihe der prismatiſchen Farben den vernichteten Strahlen zunächſt liegenden Strahlen erleiden. Denn weißes Licht wird in der That nur durch die Miſchung ſolcher farbigen Strahlen erzeugt, die nicht allein in der Farbe, ſondern auch in der Intenſität complementär ſind. Aber dieſe feinen Details ſind für den Zweck,

den wir im Auge haben, unnöthig: uns genügt hier der Nachweis, daß zwei weiße Strahlen von demſelben Urſprunge durch ihre Vereinigung Roth, Gelb, Blau u. ſ. w. geben können, je nachdem der Unterſchied der von dieſen Strahlen zurückgelegten Wege von der einen oder der anderen Beſchaffenheit iſt.

Wenden wir uns zu anderen, nicht minder merkwürdigen Betrachtungen.

Die Differenz der von zwei Strahlen durchlaufenen Strecken iſt nicht das einzige Element, durch welches die Art und Weiſe ihrer Interferenz beſtimmt wird: die Beſchaffenheit, oder vielmehr das Brechungsvermögen der durchſtrahlten Mittel ſpielt ebenfalls eine wichtige Rolle bei dieſer Erſcheinung.

Kehren wir zu unſerem erſten Apparate zurück, und denken uns auf dem Wege der Strahlen zwei Röhren von gleicher Länge angebracht, deren Enden durch Plangläſer von derſelben Dicke luftdicht verſchloſſen ſind. Nehmen wir ferner an, daß vom ſtrahlenden Punkte O nur homogenes Licht ausgehe.

Da für beide Strahlen alle Verhältniſſe gleich ſind, wenn die in den zwei Röhren eingeſchloſſene Luft die nämliche, alſo gleich rein und von gleicher Dichtigkeit iſt, ſo werden die Verſuche genau ebenſo ausfallen, wie mit dem urſprünglichen Apparate; die Einſchaltung der beiden Glasplatten, welche die Röhre links ſchließen, nebſt der gleichzeitigen Einſchaltung zweier eben ſolchen Glasplatten für die Röhre rechts, ändern in keiner Weiſe den Charakter des Phänomens: wenn die homogenen Strahlen, die, von O ausgehend, ſich im Punkt P treffen, in Uebereinſtimmung ſind, ſo erzeugen ſie daſelbſt eine intenſive Helligkeit.

Machen wir nunmehr die Annahme, daß die Röhre des linken Strahles mit einer Luftpumpe dergeſtalt in Verbindung geſetzt werde, daß ſich die Dichtigkeit der in jener Röhre enthaltenen Luft allmälich verringern läßt. Bringt man die Luftpumpe in Gang, ſo wird der Punkt P alternirend hell und dunkel: hell für eine gewiſſe Reihe von Luftdichtigkeiten, dunkel für eine andere.

Dabei hat man den wichtigen Umſtand wohl ins Auge zu faſſen, daß die Reihe der den ſucceſſiven Aufhebungen oder Verſtärkungen der

Strahlen entſprechenden Dichtigkeiten je nach den Farben verſchieden iſt; daß alſo eine Dichtigkeit, für welche die rothen Strahlen vernichtet werden, die blauen beſtehen läßt. Hieraus folgt, daß wenn der Punkt O, ſtatt homogene Strahlen auszuſenden, mit weißem Lichte leuchtet, der Punkt P, während die Luftpumpe in Wirkſamkeit iſt, ſo oft man will durch alle prismatiſchen Farben hindurchgeht: durch Roth, wenn die Dichtigkeit der Luft in der linken Röhre der Neutraliſation der grünen Strahlen entſpricht; durch Gelb, wenn aus demſelben Grunde die violetten Strahlen ſich gegenſeitig zerſtören, u. ſ. w.

Ich muß hinzufügen, daß dieſe merkwürdigen Erſcheinungen für äußerſt kleine Dichtigkeitsunterſchiede ſtattfinden, ſelbſt wenn die Röhren von geringer Länge, z. B. ein Meter lang ſind. Bei dieſer Länge genügt eine Verminderung von ungefähr einem Millimeter in der Spannung der in der Röhre zur Linken enthaltenen Luft, während der Luftdruck in der anderen Röhre der mittlere von 760 Millimeter bleibt, um von dem Zuſtande der ungeſtörten Wirkung zu dem des Verſchwindens überzugehen. Dabei würde es eines verhältnißmäßig noch ſchwächeren Dichtigkeitsunterſchiedes bedürfen, wenn die Röhren länger wären.

Bringt man, während Alles in demſelben Zuſtande bleibt, bei gleicher Spannung, in die Röhre links mehr oder weniger feuchte, und in die andere Röhre mehr oder weniger trockene Luft, ſo ergeben ſich in den Interferenzen der ſich in P kreuzenden Strahlen vollkommen analoge Wirkungen, wie bei der veränderten Dichtigkeit. Die Anwendung von Alkohol- oder Aetherdämpfen, für ſich allein oder mit atmoſphäriſcher Luft gemiſcht, führt zu ähnlichen Reſultaten.

Bei dieſen verſchiedenen Experimenten ſind wir von einem anfänglichen Zuſtande ausgegangen, wo die von O kommenden Strahlen ſich in P trafen, nachdem ſie genau gleiche Wege zurückgelegt hatten. An die Stelle dieſes Anfangszuſtandes kann man eine andere Anordnung ſetzen, welche genau die nämlichen Wirkungen hervorbringt, obgleich die zu durchlaufenden Wege der beiden von O ausgehenden und in P ſich vereinigenden Strahlen ſehr ungleich ſind.

Hierzu genügt es, daß wenn z. B. die Strecke rechts länger iſt, als die Strecke links, der letztere Strahl auf ſeinem Wege eine hin-

reichende Dichtigkeit in einem ſtärker brechenden Medium findet, als dasjenige iſt, welches der Strahl auf der rechten Seite durchdringt.

Die Theorie, welche die Brechungsverhältniſſe und die relativen Dichtigkeiten der Mittel, die ſich auf dieſe Weiſe compenſiren oder im Gleichgewichte halten, beſtimmen lehrt, ſo daß zwei Strahlen die nämlichen Interferenzbedingungen erfüllen, als wenn ſie vor ihrer Kreuzung beide gleiche Strecken in demſelben Medium, ſei es im luftleeren Raume, oder in der Atmoſphäre u. ſ. w. durchlaufen hätten, kann man paſſend als die Theorie der optiſchen Aequivalente bezeichnen. *)

Sechszehntes Kapitel.

Anwendung der Theorie der Interferenzen auf die Erklärung der Scintillation.

Wir wollen in dieſem Abſchnitte unterſuchen, was aus der Theorie der optiſchen Aequivalente in Bezug auf die Art und Weiſe folgt, wie

*) Wenn man, ſtatt einen iſolirten Strahl, oder vielmehr ein mittelſt geeigneter in Diaphragmen angebrachter Oeffnungen auf ſehr geringe Querdimenſionen reducirtes Strahlenbündel zu Grunde zu legen, zwei divergirende und homogene Strahlenbündel von einem gemeinſchaftlichen Urſprunge ausgehen und im Raume ſich kreuzen läßt, ſo wird man zu gleicher Zeit parallele leuchtende Streifen, — aus der Interferenz ſolcher Strahlen entſpringend, die gleiche oder um d, um 2d, 3d, u. ſ. w. verſchiedene Wege zurückzulegen haben, — und dunkle Streifen erblicken, — letztere der Interferenz von Strahlen entſprechend, deren Wegunterſchiede $\frac{1}{2}d$, $\frac{3}{2}d$, $\frac{5}{2}d$, u. ſ. w. betragen.

Wendet man ſtatt der homogenen Bündel, welche wir bisher betrachtet haben, Bündel von weißem Lichte an, ſo erſcheinen farbige Streifen von allen prismatiſchen Nuancirungen der Reihe nach nebeneinander; nur der Streifen in der Mitte, welcher aus der übereinſtimmenden Wirkung aller Strahlen entſteht, die genau gleiche Wege durchlaufen, unterſcheidet ſich vollkommen von den übrigen durch die Abweſenheit jeder Färbung. Zu beiden Seiten des Centralſtreifens werden etwa fünf bis ſechs farbige Streifen ſichtbar.

Dieſe links oder rechts von der Mitte liegenden Streifen werden ihrer Reihenfolge nach Streifen der erſten, zweiten, dritten Ordnung u. ſ. w. genannt.

Sobald der Wegunterſchied der interferirenden Strahlen etwas groß wird, ſo iſt keine Spur der Streifen mehr zu entdecken; jedoch kann man den normalen Zu-

die von einem Sterne ausgehenden Strahlen in dem Fernrohre interferiren müssen; oder einfacher, wir wollen den Vorgang im Brennpunkte einer Glaslinse untersuchen: denn ein Fernrohr ist nichts Anderes, als eine solche mit einem einfachen oder zusammengesetzten Mikroskope versehene Linse, um das, was in ihrem Focus vorgeht, genauer zu erforschen. Wir werden dann schließlich entscheiden können, ob die Resultate dieser Prüfung in Uebereinstimmung mit den Phänomenen stehen, welche die vermittelst der Fernröhre angestellten Beobachtungen der Sterne uns gezeigt haben.

Um von einem in sehr großer, als unendlich anzusehender Entfernung befindlichen Sterne nach dem Brennpunkt einer Linse in F (Fig. 2)

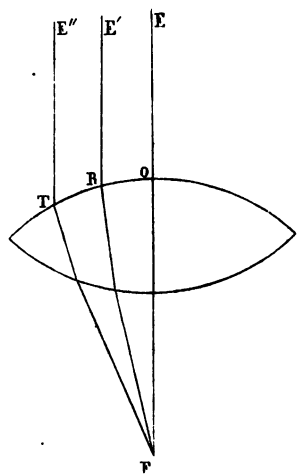


Fig. 2. — Durchgang des Lichtes durch eine Linse.

zu gelangen, hat der centrale Strahl EO einen kürzeren Weg EOF zurückzulegen, als der parallele seitliche Strahl E′R, der in der Nähe

---

stand wieder herstellen, und die Streifen von Neuem sichtbar machen, wenn man auf dem Wege des einen Bündels ein Mittel von geeigneter Dichtigkeit und Brechbarkeit einschaltet. In der Bestimmung der Brechbarkeit, wenn die Länge des Wegs gegeben ist, und umgekehrt der einer bekannten Refrangibilität entsprechenden Länge, besteht die Theorie der optischen Aequivalente.

des Randes durch die Linse geht und gleichfalls nach F gelangt; dagegen hat der Strahl durch die Mitte eine dickere Schicht Glas zu durchlaufen. Diese größere Länge seines Wegs im Glase aber bewirkt genau die Compensation für die geringere, in der Luft durchlaufene Strecke.

Die erwähnte Compensation ist dieselbe, welches auch die relative Lage der beiden verglichenen Strahlen sein mag: also z. B. auch in Bezug auf die Strahlen E''TF und E'RF oder den mittleren EOF.

Die nach der Linse gelangenden Lichtstrahlen, welche nach einer zweimaligen Brechung an den beiden Oberflächen des Glases im Brennpunkte sich vereinigen, kommen dort offenbar in Uebereinstimmung an, und summiren sich folglich in ihrer Wirkung. Nur wird die Erfüllung der ausdrücklichen Bedingung erfordert, daß auf dem Wege vom leuchtenden Punkte bis zur Ankunft an der ersten Oberfläche der Linse, so wie von ihrer zweiten Oberfläche bis zum Focus, die Strahlen in Medien von gleichem Brechungsvermögen sich bewegen. Die geringste Differenz in dieser Beziehung vermag den relativen Zustand der Strahlen vollständig zu ändern, wie früher bei dem Versuche mit den beiden Röhren, und Strahlen in eine Phase der Neutralisation treten zu lassen, welche außerdem einen übereinstimmenden Gang gehabt und sich addirt hätten.

Wir nehmen jetzt an, daß die links von der Mitte des Objectivs auffallenden Strahlen auf ihrem Wege von den oberen Grenzen der Atmosphäre her Schichten durchlaufen sollen, welche ihrer Dichtigkeit, ihrer Temperatur, oder ihres hygrometrischen Zustandes wegen ein etwas anderes Brechungsvermögen besitzen, als die Schichten, in welche die zur Rechten liegenden Strahlen gelangen. Die Folge dieser verschiedenen Brechungsverhältnisse kann sein, daß die rothen Strahlen rechts sich mit den gleichnamigen links vollständig aufheben, so daß im Brennpunkte statt des normalen Weiß, Grün entsteht; während einen Augenblick später, aus derselben Ursache, die grünen Strahlen gänzlich vernichtet werden, und der Brennpunkt folglich roth erscheint, u. s. w.

Bei der Annahme einer vollständigen Aufhebung der rothen, grünen, u. s. w. Strahlen ist die grüne, rothe, u. s. w. Complementärfarbe im Focus sehr lebhaft. Im Allgemeinen jedoch zerstören die zur

Rechten und zur Linken auf das Objectiv fallenden Strahlen vermöge ihrer Interferenz, ſich nicht ganz, ſondern nur theilweiſe: in dieſem Falle wird der Brennpunkt zwar noch farbig erſcheinen, aber ſeine von denſelben Urſachen abhängige Färbung wird eine geringere Intenſität beſitzen.

Ich habe durch directe Verſuche nachgewieſen, daß wenn in einem Lichtbündel die rothen, grünen u. ſ. w. Strahlen nur zum zwanzigſten Theil ſich durch Interferenz aufheben, dies ausreichend iſt, um den Brennpunkt F, wo das ganze Strahlenbündel ſich wieder vereinigt, farbig zu zeigen. Es muß alſo genügen, wenn die atmoſphäriſchen Schichten, in der geeigneten Weiſe und intermittirend, nur den zwanzigſten Theil der Strahlen, welche die Oberfläche einer Linſe treffen, durch ungleichförmige Brechung in ihrem Gange ſtören, damit der Focalpunkt ſucceſſive in verſchiedenen prismatiſchen Farben erglänzt. Denkt man nun an die große Länge der von den oberen Grenzen der Atmoſphäre bis zur Linſe des Fernrohrs vom Lichte zu durchlaufenden Strecke; an die vergleichsweiſe ſehr kleine Differenz im Brechungsvermögen, welche hinreichend iſt, um zwei Strahlen aus dem Zuſtande der Uebereinſtimmung in den der entgegengeſetzten Wirkung zu verſetzen; an die Wirkung der Winde oder Luftſtrömungen, die wenn auch noch ſo mäßig, dennoch unaufhörlich neue atmoſphäriſche Schichten vor der Linſe vorüberführen müſſen: ſo wird man es nicht mehr auffallend finden, daß bei der Beobachtung des in unſeren Breiten ſtets ziemlich tief ſtehenden Sirius bis zu dreißig aufeinanderfolgende Farbenänderungen in der Secunde wahrgenommen worden ſind. Man könnte vielmehr nach dem Grunde fragen, weshalb in gewiſſen Klimaten der Brennpunkt des Objectivs keine Veränderung in Farbe und Intenſität erfährt, wofern nämlich die Thatſache begründet iſt.

Das Ergebniß der Theorie zeigt ſich alſo in vollkommener Uebereinſtimmung mit der Beobachtung, und die Erſcheinung der Scintillation in einem Fernrohre iſt mit der Lehre von den Interferenzen in innige Verbindung gebracht.

Jetzt wolle man nur ſich daran erinnern, daß das Auge mit einer Linſe verglichen werden kann, in deren Brennpunkte ein mit Nerven durchzogener Schirm, die Netzhaut genannt, ausgeſpannt iſt,

und man wird ſogleich erkennen, daß Alles, was wir von der großen Objectivlinſe, dem Haupttheile des Fernrohrs, geſagt haben, auf das Auge Anwendung findet: es genügt, damit das Bild eines Sternes z. B. grün erſcheine, daß in dem Bündel paralleler, weißer Lichtſtrahlen, die auf die Oberfläche der Pupille treffen, ein Zwanzigſtel ſich in dem Zuſtande der Aufhebung der rothen Strahlen befinde; dagegen wird das Bild des Sternes ſich roth färben, wenn die Zerſtörung der Lichtwirkung auf der Oberfläche der Netzhaut ſich auf die grünen Strahlen bezieht, u. ſ. w. Wenn endlich auf dem Wege der Interferenz die auf der linken Seite zur Pupille gelangenden weißen Strahlen roth, und die rechts ankommenden grün werden, ſo müſſen ſich dieſe beiden Farben neutraliſiren (zu Weiß vereinigen), und der ſchließliche Effect wird in einer Intenſitätsänderung beſtehen.

Allerdings iſt das Lichtbündel, welchem die Pupille den freien Eintritt in das Auge geſtattet, nur ſehr eng, und die Strahlen, die ſich zerſtören ſollen, berühren einander faſt, haben alſo auch ſich berührende Regionen der Atmoſphäre durchſchnitten; aber dieſe Umſtände können keine Schwierigkeit machen, wenn man erwägt, wie lang die Bahn dieſer Strahlen in der Atmoſphäre iſt, bevor ſie das Auge erreichen, und wie ſchwach der Unterſchied in der individuellen Beſchaffenheit dieſer Schichten in Bezug auf Dichtigkeit, Temperatur und Feuchtigkeitszuſtand ſein kann, ohne daß ſie zuſammengenommen aufhören müßten, das eine Mal der Vernichtung des rothen Lichtes, und ein anderes Mal der Aufhebung der grünen Strahlen günſtig zu ſein, u. ſ. w.

Von einer Differenz in der Länge der von den Strahlen durchlaufenen Wege habe ich weder bei der Erklärung der dem bloßen Auge erſcheinenden Scintillation, noch bei der Begründung des im Focus eines Fernrohrs ſtattfindenden Vorganges Gebrauch gemacht. Solche Differenzen müſſen, wofern ſie ſtattfinden, in Betracht gezogen werden: augenſcheinlich aber können ſehr kleine Wegunterſchiede zuweilen vorkommen.

In der That nimmt man im Fernrohre häufig eine ſehr kleine verticale Verrückung der Sterne wahr, welche die Aſtronomen ein Unduliren (ondulation) zu nennen pflegen, und deren Urſache offenbar in einer

zufälligen Vermehrung oder Verminderung der normalen Refraction zu suchen ist. Nehmen wir nun an, daß ein Strahl, der bei seiner Brechung an einem gewissen Punkte der Atmosphäre im positiven Sinne abgelenkt wird, später an einem anderen Punkte eine Störung in negativer Richtung erleidet, welche die erste Ablenkung compensirt: so wird dieser Strahl im Brennpunkt des Fernrohrs mit einem normalen Strahle zusammentreffen, der auf seinem Wege keine Störung, oder wenn mir der Ausdruck verstattet ist, keine solche Aalbewegung erfahren hat, woraus ein zur Erzeugung einer positiven oder negativen Interferenz geeigneter Wegunterschied entstehen kann. Das Gleiche gilt von den seitwärts abgelenkten Strahlen, durch welche man zu erklären sucht, wie das Bild eines Sternes zuweilen und für sehr kurze Augenblicke plötzlich anzuwachsen und sich auszubreiten scheint. Es sind dies unseren Sinnen kaum wahrnehmbare, gewissermaßen mikroskopische Ursachen, welche nichtsdestoweniger augenfällige Intensitäts- und Farbenänderungen zur Folge haben.

Im siebenten Kapitel habe ich bei der Beschreibung, wie sich die Scintillationsphänomene im Fernrohre zeigen, die eigenthümlichen Effecte ganz besonders hervorgehoben (S. 15), welche bei einer geeigneten Verminderung in der Objectivöffnung auftreten, sobald man das Ocular allmälich weiter einschiebt. Ich bemerkte ferner, daß bei der Aufeinanderfolge von dunkeln und hellen Punkten, die man dabei abwechselnd im Centrum des Bildes wahrnimmt, die dunkeln Punkte aus der Interferenz der directen Strahlen mit anderen durch die Ränder der vor das Objectiv gestellten Oeffnung seitlich abgelenkten Strahlen entstehen müssen; endlich haben wir gesehen, daß die dunkeln Punkte von Zeit zu Zeit leuchtend werden, und daß die hellen Punkte wiederum ihrerseits von Zeit zu Zeit verschwinden.

Kehren wir einen Augenblick zum Früheren zurück und prüfen, worin im Grunde genommen die in verschiedenen Abständen vom Brennpunkte eines Fernrohrs angestellten Beobachtungen bestehen, und welche Folgerungen man daraus zu ziehen hat.

Von der nämlichen Voraussetzung ausgehend, welche bis jetzt von allen der Emissionstheorie anhängenden Physikern gemacht worden ist, die sich mit der Theorie der Fernröhre beschäftigt haben, wollen

wir annehmen, daß die sehr nahezu einander gleichlaufenden Strahlen, welche von einem Sterne kommend auf die Umfänge der concentrischen Kreise fallen, aus denen die Oberfläche eines Fernrohrobjectivs besteht, auf Linien ohne Dimension reducirt seien. Beim Austritte aus der gedachten Linse, nach stattgehabter Brechung, bilden diese Strahlen concentrische Kegel, deren Spitzen im Brennpunkte zusammenlaufen. In letzterem finden sich alle Strahlen vereinigt und zusammenwirkend, während sie weiterhin desto mehr auseinandergehen, je mehr man sich der Objectivlinse, wo die Grundflächen der Strahlenkegel liegen, nähert. Schneidet man also die letzteren durch aufeinanderfolgende, ihren Grundflächen parallele, und vom gemeinschaftlichen Scheitel immer weiter entfernte Ebenen, so müssen die entstehenden Kreisschnitte immer weniger hell erscheinen, jedoch mit dem wesentlichen Umstande, daß kein Punkt eines solchen Schnittes keinen Strahl empfangen, mit anderen Worten, daß kein Punkt unerleuchtet bleiben kann.

Mit diesem Resultate nun scheinen die oben angeführten Beobachtungen in Widerspruch zu stehen: denn als wir mit dem Ocular, wie mit einem Mikroskope, die Kreisschnitte der gedachten Lichtkegel in verschiedenen Abständen vom Focus untersuchten, so fanden wir einen Schnitt, dessen Centrum ganz dunkel war, hierauf einen zweiten, dem Objective näheren Schnitt mit heller Mitte, ein drittes Bild zeigte wieder ein dunkles Centrum, und so abwechselnd weiter.

Wie soll man so unzweideutige Beobachtungen, aus denen in kategorischer Weise hervorgeht, daß die Axe der Kegel in wechselnder Entfernung vom Brennpunkte bald dunkel und bald hell erscheint, mit den geometrischen Gesetzen der Fortpflanzung der Strahlen in Einklang bringen, welche diese Axe überall vom Lichte getroffen erheischen? Die Emissionstheorie (?) läßt nur einen Weg dazu offen: die Annahme nämlich, daß Strahlen, die durch die Ränder der vor das Objectiv gestellten Oeffnung abgelenkt werden, oder Strahlen von irgend anderem Ursprunge sich mit den vorher betrachteten Strahlen kreuzen und dieselben an einigen Punkten zerstören. Es ist weiter erforderlich, daß solche an einem gegebenen Punkte eintretenden Vernichtungen die Strahlen nicht hindern, weiterhin wieder zu entstehen! Diese doppelte Folgerung mag seltsam erscheinen; sie ist

jedoch Nichts, als die logiſche und nothwendige Auslegung der Thatſachen, wie ſpäter übrigens noch beſonders gezeigt werden ſoll.

Siebzehntes Kapitel.

Scintillation der Planeten.

Geſetzt man beobachte durch ein Fernrohr mit reducirter Oeffnung die Planeten Jupiter und Saturn, die erſichtlich nicht oder nur ausnahmsweiſe funkeln, ſo werden dieſe Planeten keine der Erſcheinungen darbieten, von denen bei den Fixſternen umſtändlich die Rede geweſen iſt. Transformirt man das Bild des Planeten in einem Lichtſtreifen, wie beim Verſuche Nicholſon's, ſo treten nirgends Farben auf; die Verrückung des Brennpunkts ferner bringt niemals jene mit dunkeln Löchern durchbohrten Bilder hervor, mit welchen wir im Vorhergehenden uns ausführlich beſchäftigt haben. Bei Planeten mit kleinem Durchmeſſer, wie der Mars, ſind wohl einige Spuren dieſer Interferenzphänomene wahrzunehmen, aber ohne hinreichende Beſtimmtheit.

Ein Planet iſt eine Anhäufung leuchtender Punkte, und es ſcheint die Annahme begründet, daß die von jedem dieſer Punkte ausgehenden Strahlen analoge Wirkungen veranlaſſen müſſen, wie die bei den Fixſternen beſchriebenen. Indeſſen iſt zu bemerken, daß als es ſich um einen mit bloßen Augen betrachteten Fixſtern handelte, die vom Sterne ausgehenden, parallelen, interferirenden Strahlen bei ihrem Durchgange durch die Atmoſphäre im Maximum nur um eine dem Durchmeſſer der Pupille gleiche Größe getrennt ſein konnten, ſowie daß bei einer durch das Fernrohr angeſtellten Beobachtung dieſes Maximum in der Diſtanz der interferirenden Strahlen dem Durchmeſſer des freien Theiles vom Objective gleich war.

Die zur Formation jedes einzelnen Punktes im Bilde eines Planeten beitragenden Strahlen, mag die Beobachtung mit bloßem Auge oder mittelſt eines Fernrohrs geſchehen, ſind genau in dem nämlichen Falle; allein ein weſentlicher Unterſchied tritt jetzt ein, ſobald man die Strahlen, welche das Bild eines dieſer Punkte erzeugt haben,

zusammen mit denen vergleicht, die das Bild eines anderen Punktes hervorbringen.

Betrachten wir z. B. das parallele Strahlenbündel, welches dem einen Ende des horizontalen Durchmessers der Jupiterscheibe entspricht. Wenn die Größe des Diameters 40 Secunden beträgt, so macht das für das Bild des anderen Endes des Durchmessers thätige Bündel paralleler Strahlen mit dem ersten einen Winkel von 40 Secunden: letzteres hat folglich nicht genau dieselben Schichten der Atmosphäre durchlaufen, als das erste Bündel auf einem großen Theile seiner Bahn. Ganz dasselbe gilt von den beiden das Bild des oberen und unteren Endes des verticalen Durchmessers erzeugenden Bündeln, und von der Größe der Winkel abgesehen, von all' den verschiedenen, sich in den einzelnen Punkten des Bildes vereinigenden Strahlen.

Der Vergleich mit einer Anhäufung von Sternen, den wir für die Betrachtung einer Planetenscheibe zu Grunde gelegt haben, ist also nur unter der Bedingung zutreffend, wenn vorausgesetzt wird, daß die Strahlen dieser verschiedenen Fixsterne nicht durch atmosphärische Schichten, welche einander fast berühren, hindurchgegangen sind.

Da nun bereits im Falle der aneinanderstoßenden Schichten die Scintillationen so verschiedenartig waren, müssen sie in dem jetzt betrachteten Falle noch weit unähnlicher ausfallen, und aus ihrer Gesammtheit wird weißes Licht von nahezu constanter Intensität hervorgehen.

Man gestatte mir noch ein Wort, um, wenn es möglich ist, diese Erklärung noch klarer zu machen.

Der Versuch Nicholson's zeigte uns, daß die Intensität der Farbe eines Sternes, wegen der Dauer der im Auge erzeugten Empfindung, in jedem Augenblicke die Resultante aus der Intensität und der Färbung ist, welche der Stern während einer Zehntelsecunde durch die Wirkung der Interferenzen empfangen hat. Wenn man die Bilder zweier Sterne zur Vereinigung bringen könnte, welche verschiedene Stellungen am Himmel einnehmen, so würde die gemeinschaftliche Resultante minder variiren, als bei jedem Sterne einzeln genommen, und bei jeder Hinzufügung eines neuen Sternes muß sich derselbe Erfolg wiederholen. Sobald endlich die Anzahl dieser Sterne,

deren Anhäufung wir betrachten, eine gewisse Grenze überschritte, so würde das Bild weiß und gleichförmig erleuchtet erscheinen.

Was ist aber ein durch das unbewaffnete Auge gesehener Planet Anderes als eine solche Anhäufung von Sternen? Es scheint nur, als müßte bei der Beobachtung durch ein Fernrohr an den Rändern der Scheibe jeder Punkt deutliche Spuren von Interferenzerscheinungen zeigen, und Letzteres ist in der That der Fall. Die Undulationen, welche die Bilder der Planeten an ihren Umrissen darbieten, und deren Ursache man gemeiniglich ausschließlich Ungleichförmigkeiten in der Brechung zuzuschreiben pflegt, hängen zum Theil von Interferenzen der Lichtstrahlen ab.

Achtzehntes Kapitel.

Scintillometer.

Das intermittirende Aufhören und Wiedererscheinen des Lichtes an einem bestimmten Punkte der Axe eines Fernrohrs steht zu den Ursachen der Scintillation in der genauesten Beziehung, und läßt sich selbst zur Messung der letzteren benutzen.

Wir haben im Vorhergehenden von diesen Veränderungen nur als von Ergebnissen der Beobachtung gesprochen: jetzt können wir einen Schritt weiter gehen, und dieselben mit sehr großer Wahrscheinlichkeit aus geringen intermittirenden Ungleichförmigkeiten in dem Brechungsvermögen der von den interferirenden Strahlen durchlaufenen Medien herleiten, oder auf sehr kleine Unterschiede in den von denselben Strahlen zurückgelegten und beständig sich ändernden Wegen, also mit andern Worten auf die wahren Ursachen der Scintillation zurückführen. Die Uebergänge der dunkeln Punkte in leuchtende und umgekehrt, können, dünkt mich, unter den gehörigen Vorsichtsmaaßregeln, dazu dienen, die Erscheinung des Sternefunkelns der Messung zu unterwerfen, mit anderen Worten, das Princip für die Construction eines Scintillometers zu liefern.

§. 1. Erſtes Scintillometer.

Wir nehmen an, man beobachte einen Stern, oder einen Gegenſtand, der nicht ſcintillirt, durch ein achromatiſches Fernrohr von 1,7 Meter Brennweite, nachdem die urſprüngliche Objectivöffnung von 91 Millimeter vermittelſt eines ausgeſchnittenen Schirmes auf 47 Millimeter verkleinert worden. Bereits früher (S. 15) iſt erwähnt, daß die Form, unter welcher das Bild des Sternes uns erſcheint, veränderlich und von der Stellung des Oculars abhängig iſt. Gehen wir von derjenigen Stellung aus, wo der Stern als eine planetariſche Scheibe, umgeben mit einer Reihe ſehr enger Ringe von ſchwankendem Lichte geſehen wird: man befindet ſich alsdann im Brennpunkte. Wenn man von hier aus das Ocular dem Objective allmälich immer näher rückt, ſo gelangt man zu einer zweiten Stellung, bei welcher die Mitte des Bildes ſchwarz erſcheint; hierauf folgt eine dritte Stellung mit hellem Centrum; die in demſelben Sinne fortgeſetzte Bewegung wird dann ein viertes Bild, deſſen Centrum wiederum dunkel iſt, erzeugen, u. ſ. w.

Um die zweite Lage zu beſtimmen, bei welcher das Bild des Sterns von einem ganz ſchwarzen Loche durchbohrt erſcheint, kann man ſtatt der directen Beobachtung dem Ocular ſeine Stellung in der Mitte des Intervalles anweiſen, welches die erſte und die dritte Form des Bildes trennt.

Sei alſo das Ocular genau in dieſe Zwiſchenſtellung gebracht, und richten wir das Inſtrument auf einen ſcintillirenden Stern. Dann wird die Scintillation ſich durch plötzliches Auftauchen und Wiederverſchwinden des leuchtenden Punktes in der Mitte kundgeben, und zwar muß innerhalb eines gegebenen Zeitraums dieſes Aufblitzen um ſo häufiger wiederkehren, je ſtärker der Stern funkelt. Ich laſſe hier eine Anzahl derartiger Beobachtungen folgen, welche auf meine Bitte von den Herren Goujon und Ch. Mathieu angeſtellt worden ſind.

Name des Sterns.	Höhe über dem Horizonte.	Anzahl der in fünf Minuten beobachteten Erscheinungen.
14. Januar 1851.		
Sirius	20°	40
Rigel	31	17
Aldebaran	57	13
Capella	81	8
15. Januar 1851.		
Sirius	24°	23
Procyon	46	14
Regulus	54	15
g kl. Löwe	74	6
22. Januar 1851.		
Sirius	24°	28
Procyon	46	20
α Orionis	48	15
Pollux	69	12
22. März 1851.		
Sirius	18°	30
Procyon	40	20
Pollux	65	9
Wega	74	6
Capella	78	5
16. October 1851.		
Fomalhaut	10° 50′	30
	8 0	31
	5 40	35
17. October 1851.		
Rigel	21° 0′	25
	28 30	22
	35 0	20
α Orionis	24 30	21
	32 30	20
	44 45	18
Aldebaran	44 0	18
	50 30	16
	55 30	15

Name des Sterns.	Höhe über dem Horizonte.	Anzahl der in fünf Minuten beobachteten Erscheinungen.
	1. November 1851.	
Sirius	8° 39′	30
	12 48	28
	17 30	26

Ich wiederhole, daß diese Zahlen erhalten worden sind durch Abzählung, wie oft in einem Zeitintervalle von fünf Minuten der Mittelpunkt des Bildes im Fernrohre leuchtend erschien.

Aus theoretischen Betrachtungen hatte ich geschlossen, daß wenn man das Ocular aus der bei den vorstehenden Beobachtungen fixirten Stellung hinweg in eine Lage zwischen der eben erwähnten und der dritten Stellung versetzte, die Erscheinungen des leuchtenden Punktes, bei übrigens gleichbleibender Scintillation, an Häufigkeit zunehmen müßten.

Diese Voraussetzung hat sich vollkommen bestätigt, wie aus der folgenden Tabelle hervorgeht.

Name des Sterns und Höhe über dem Horizonte.	Erscheinungen in der ersten Lage des Oculars.	Erscheinungen in der zweiten Lage des Oculars.
13. März 1851.		
Sirius . . . . 21° 0′	18	40
Procyon 47 0	12	20
Arctur 50 0	12	20
Pollux 69 0	7	15
15. März 1851.		
Sirius . . . . 17° 0′	16	30
Procyon 40 0	12	20
Pollux 58 0	6	12
1. November 1851.		
Sirius . . . . 9° 5′	"	45
13 5	"	37
17 53	"	33

Vergleicht man alle diese numerischen Resultate, so scheint es mir unmöglich zu verkennen, ganz abgesehen von jeder theoretischen Be-

trachtung, daß zwiſchen den Erſcheinungen des leuchtenden Punktes und der Scintillation ein unmittelbarer Zuſammenhang beſteht, und daß die Häufigkeit dieſer Erſcheinungen, bis zu einem gewiſſen Punkte, zur Meſſung des Phänomens dienen kann.

In letzterer Beziehung darf das nach der vorhergehenden Beſchreibung eingerichtete Fernrohr den Namen eines Scintillometers erhalten. Mit Hülfe dieſes Inſtruments wird ſich entſcheiden laſſen, welches die Klimate, die Jahreszeiten, die Höhen, endlich die atmoſphäriſchen Zuſtände ſind, wofür die Scintillation gänzlich aufhört, wofern man ſich in dieſer Beziehung nicht etwa unrichtigen Anſichten hingegeben hat.

§. 2. Zweites Scintillometer.

Man könnte auch ein Scintillometer conſtruiren, indem man nach der Methode von Nicholſon das Bild eines Sterns in einen Lichtſtreifen verwandelt. Wir haben oben (S. 12) geſehen, daß dieſer Phyſiker im Geſichtsfelde des Fernrohrs den Stern eine in ſich zurückkehrende Curve im Verlaufe einer Zehntelſecunde beſchreiben ließ, und dadurch längs der Ausdehnung dieſer Lichtlinie die ſucceſſiven Bilder von verſchiedener Färbung vertheilte, welche ſich in einem einzigen Punkte bildeten und in Bezug auf die Farbe in dem Intervalle einer Zehntelſecunde compenſirten. Doch ſcheint es ſehr ſchwierig, die ſo vertheilten Farben auf einer Curve, die für das Auge einen großen Raum einnimmt, genau zu zählen.

Es würde alſo beſſer ſein, um das Zählen möglich zu machen, den Stern nur einen Theil der Curve durchlaufen zu laſſen, welche ſein Bild bei dem obigen Verſuche beſchrieb, z. B. den zehnten Theil.

Wir wollen annehmen, von einer beſtimmten Lage des Fernrohrs ausgehend verrücke man daſſelbe in einer Zwanzigſtelſecunde dergeſtalt, daß in dieſem kurzen Zeitraume der Stern im Geſichtsfelde eine gerade Linie von zwei Minuten Länge zu beſchreiben ſcheine. Dieſes Raumintervall wird dann die verſchiedenfarbigen Bilder enthalten, welche in einer Zwanzigſtelſecunde erzeugt werden und ſich gedeckt haben würden, wenn das Fernrohr unverrückt geblieben wäre.

Man kann nun zählen, wie viele ſolche verſchiedenfarbige Bilder vorhanden ſind, und den Verſuch z. B. zehn Mal wiederholen, um das Mittel zu nehmen; dadurch erhält man das wahre Maaß für die Intenſität der Scintillation. Die Sache des Mechanikers iſt es, das beſte Mittel zu wählen, um eine Winkelbewegung des Fernrohrs oder des Oculars zu ſichern, welche das Bild des Sternes auf eine Strecke von zwei Minuten ausdehnt, und zu bewirken, daß dieſe Bewegung genau in der vorgeſchriebenen Zeit (einer Zwanzigſtelſecunde) erfolge.

Wenn ich mir in dieſem Betreff eine Meinung auszuſprechen erlauben dürfte, ſo würde ich vorſchlagen, ein wenig vor dem Brennpunkte des Fernrohrs (d. h. zwiſchen Focus und Objectiv) einen kleinen Planſpiegel unter 45 Grad Neigung aufzuſtellen, der das Bild des Sternes ſeitlich nach einem dazu eingerichteten Oculare zu werfen hätte. Einer derartigen Einrichtung pflegt man ſich zu bedienen, ſo oft man mit kleinen Inſtrumenten Sterne in der Nähe des Zeniths beobachten will.

Denkt man ſich alsdann dieſen Spiegel mit Hülfe eines geeigneten Räderwerks in Rotationsbewegung verſetzt, ſo wird der vorgeſteckte Zweck erreicht ſein. Anſtatt eines Spiegels könnte man ſich auch eines rechtwinkligen Glasprismas bedienen, auf deſſen Hypotenuſe die totale Reflexion erfolgt.

Damit endlich der Beobachtung ſtets dieſelbe Länge der von dem Sterne durchlaufenen Lichtlinie zu Grunde liege, würde man die Ausdehnung des Geſichtsfeldes auf zwei Minuten, etwa mit Hülfe zweier in Bezug auf das Ocular paſſend aufgeſtellter Metallplatten beſchränken können.

§. 3. Drittes Scintillometer.

Eine dritte Art, um die Scintillation einer Meſſung zu unterwerfen, erhält man durch die Beobachtung des erweiterten Bildes eines Sterns (außerhalb des Focus) auch bei nicht verkleinerter Objectivöffnung, wenn man bemerkt, wie oft dieſes Bild von den farbigen Bildern ſo zu ſagen durchlaufen wird, welche ſich in der einen oder der andern Richtung auf dem vergrößerten Bilde zu bewegen ſcheinen.

Früher ist bei Gelegenheit der Beobachtungen von Simon Marius und von Nicholson (im 7. Kapitel) eine ausführliche Beschreibung dieses Vorganges gegeben worden. Man kann, denke ich, die Erscheinung folgendermaßen erklären:

Wenn das ganze auf das Objectiv fallende Licht im Focus zur Vereinigung gelangt, so müssen die Interferenzen der vom östlichen, vom westlichen, vom obern, vom untern u. s. w. Rande des Fernrohrs kommenden Strahlen nothwendigerweise sich vermischen. Wird dagegen das Bild außerhalb des Brennpunkts beobachtet, mit andern Worten, untersucht man das erweiterte Bild, so können die Interferenzen der den verschiedenen Punkten des Objectivs entsprechenden Strahlen getrennt beobachtet werden; und da die atmosphärischen Schichten, deren Dichtigkeit, Feuchtigkeits- und Temperaturzustand die Beschaffenheit der Interferenzen bedingen, nicht unbeweglich bleiben, so muß man wahrnehmen, wie die Farben, die z. B. zuerst an einem der Ränder entstehen oder auftreten, sich über die ganze Ausdehnung des erweiterten Bildes in derselben Zeit fortpflanzen, welche die betreffenden atmosphärischen Schichten gebrauchen, um sich um eine dem Durchmesser des Fernrohrobjectivs gleiche Strecke zu verrücken.

Vorstehendes ist im Wesentlichen die Erklärung, welche ich von den beobachteten Erscheinungen geben zu können glaube.

Wie sich nun auch dieses dritte Princip für Aufstellung eines Scintillometers bewähren mag, so erlaube ich mir schließlich von Neuem die Reisenden aufzufordern, sich eines der angegebenen drei Mittel, und vornämlich des ersten zu bedienen, um definitiv zu entscheiden, ob es Länder gibt, in denen die Sterne gar nicht scintilliren.

Neunzehntes Kapitel.

Kritische Uebersicht der bisher von der Erscheinung des Sternefunkelns gegebenen Erklärungen.

Wenn man für Phänomene der physischen Welt eine Erklärung aufsucht, also für Phänomene, von denen man möglicherweise auf ver-

ſchiedene Art ſich mehr oder minder plauſibel Rechenſchaft geben könnte, ſo genügt offenbar nicht die Aufſtellung der eigenen Theorie, ſondern man hat auch zu zeigen, daß die früher verſuchten Erklärungen Etwas zu wünſchen übrig laſſen. Dieſe Aufgabe ſtelle ich mir in gegenwärtigem Kapitel, und finde es für angemeſſen, zum Eingange ein für alle Mal zu erklären, um mehreren Autoren, deren Theorieen ich widerlege, Gerechtigkeit widerfahren zu laſſen, daß ich meine Einwürfe aus neueren Beobachtungen geſchöpft habe, welche ihnen nicht bekannt waren und nicht bekannt ſein konnten.

§. 1. Erklärung des Ariſtoteles.

Im zweiten Buche der Schrift des Ariſtoteles über den Himmel findet ſich folgende, von Geminus citirte, auf das Funkeln der Sterne bezügliche Stelle: *)

„Denn wenn unſere Sehkraft (ὄψις) ſich beträchtlich weit erſtreckt, ſo zittert (ἐλίσσεται) ſie wegen ihrer Schwäche. Das iſt auch wohl der Grund, weshalb die Fixſterne zu funkeln ſcheinen, die Planeten aber nicht; denn die Planeten ſind nahe genug, damit die Sehkraft noch kräftig zu ihnen gelangt, während bis zu den Fixſternen dieſelbe ſehr weit ſich ausdehnen muß und wegen dieſer Ausdehnung ſchwankt. Das Zittern des Geſichtsſinnes bewirkt, daß ſich der Stern zu bewegen ſcheint, denn es macht keinen Unterſchied, ob die Sehkraft ſich bewegt oder das Geſehene.“

Die vorſtehende Stelle würde ganz unverſtändlich ſein, wenn wir hier nicht daran erinnerten, daß eine gewiſſe Schule des Alterthums in den Strahlen das active Mittel, durch welches wir ſehen, zu finden glaubte, und ſich dieſelben gewiſſermaßen als Fühlfäden vorſtellte, die von unſern Augen ausgehend die Gegenſtände erfaßten. Dieſer Vorſtellung zufolge, meinte man, agire die Sehkraft um ſo ſicherer, je näher die Objecte ſich befinden; dagegen müßten die Strahlen oder

*) Man hat es für angemeſſen gehalten, ſtatt mit Arago die Ueberſetzung zu citiren, welche Halma von der erwähnten Anführung des Geminus gegeben hat, auf die Originalſtelle des Ariſtoteles (de Coelo lib. II, cap. 8) zurückzugehen.

Anmerk. d. d. Ausg.

die biegſamen Fühlfäden, welche noch mit Leichtigkeit zu einem Planeten gelangen, ins Zittern gerathen, wenn ſie bis zu den Fixſternen ſich ausdehnen ſollen.

Eine derartige Theorie bedarf natürlich keiner Widerlegung; auch wird ſie hier nur angeführt, um zu zeigen, auf welche Abwege das Urtheil von Männern ſelbſt der größten Begabung gerathen kann, wenn ſie nicht an der Hand der Erfahrung ihre Schlüſſe bilden: man möge alſo dieſen Paragraphen als einen Beitrag zur Geſchichte des menſchlichen Geiſtes anſehen.

§. 2. Ptolemäus.

Dem Berichte des Roger Baco zufolge hatte ſich Ptolemäus mit dem Funkeln der Sterne in ſeiner Schrift über die Perſpective beſchäftigt, wovon, wie ich glaube, nur Bruchſtücke auf uns gekommen ſind; auch hatte er die Frage nur von einer nebenſächlichen Seite aus betrachtet. Ptolemäus wollte nämlich blos erklären, weshalb am Horizonte die Sterne in höherem Grade ſcintilliren, und führte als Grund dafür an: weil ſie am Horizonte entfernter erſcheinen; weil das Auge größere Anſtrengungen macht, um ſie zu ſehen; weil daraus ein Zittern unſeres Organes und folglich das Schwanken der Objecte entſteht.

Wenn wir dem Autor des Almageſt auch zugeben wollten, daß weil die Sterne in der Nähe des Horizonts entfernter erſcheinen, das Auge einer größeren Anſtrengung bedürfe, um ſie zu ſehen, ſo würden wir darum nicht minder zu der Frage berechtigt ſein, wie dieſe größere Anſtrengung eine Aenderung in der Intenſität und vor Allem einen Wechſel der Farben zur Folge haben ſollte. Das Wort Schwanken (trépidation?), deſſen ſich der Verfaſſer bedient, fügt dem Werthe ſeiner Erklärung Nichts hinzu, da er nicht ſagt, worin dieſes Schwanken beſtehe. Zudem habe ich zur Genüge gezeigt, daß es nicht eigentlich ein Zittern iſt, welches das Weſen der Scintillation ausmacht.

§. 3. Averrhoes.

Averrhoes ſagt in ſeinem Buche de Coelo et de Mundo, daß die Dichtigkeit der von den Lichtſtrahlen durchlaufenen Mittel das Funkeln der Sterne, von denen ſie ausgehen, hervorrufe; daß dieſe in beſtändiger Bewegung befindlichen Medien die Bilder auf verſchiedene Punkte des Auges fallen laſſen; daß die mit dem Sehen eines ſehr entfernten Objectes verbundene Anſtrengung das Auge in eine gezwungene und dem Zittern ausgeſetzte Stellung verſetzt; daß endlich auch die Unterbrechungen des Sehens, welche dem ſucceſſiven Schließen und Oeffnen der Augenlider entſprechen, eine der Urſachen der Scintillation bilden.

Dieſe Darſtellung der Erklärung von Averrhoes, die ich dem Roger Baco entlehne, iſt unüberſteiglichen Schwierigkeiten unterworfen. Ich ſpreche nicht von der „gezwungenen und zitternden Stellung des Auges", denn was davon zu halten, haben wir ſchon bei der Beleuchtung der Theorie des Ptolemäus im vorhergehenden Artikel geſehen: aber ich muß mich gegen die Vorſtellung erklären, als könnten die Undulationen der Luft zur Scintillation beitragen, indem ſie die Strahlen auf verſchiedene Punkte des Auges fallen ließen. In der That, wären dieſe Punkte äußerſt nahe, ſo würde die Verrückung nicht wahrnehmbar ſein, und wären ſie entfernt, ſo müßte im Fernrohre der Stern übermäßig oscilliren, oder ſich unter der Geſtalt einer Lichtlinie zeigen. Vom ſucceſſiven Oeffnen und Schließen der Augenlider muß gleichfalls abgeſehen werden, da dieſer Umſtand einerſeits in den Fernröhren ohne Wirkung iſt, wo gleichwohl die Scintillation wahrgenommen wird, und andererſeits, den Beobachtungen zuwider, der nämliche Grad des Funkelns für alle Höhen und in allen Klimaten daraus folgen würde. Uebrigens erwähnt Averrhoes mit keinem Worte der Farben, welche bei dem Phänomen eine ſo weſentliche Rolle ſpielen.

§. 4. Alhazen und Vitellio.

Alhazen und ſein Commentator Vitellio betrachteten die Scintillation als eine Wirkung der Brechung, welche die Strahlen der Sterne in der Atmoſphäre erleiden. Da dieſe Brechung, ſagen ſie,

nicht immer die nämliche ist, so müssen die Sterne als in Bewegung befindlich erscheinen.

Der Beweis dafür, daß nach der Ansicht dieser beiden Beobachter die Scintillation eine Bewegung war, findet sich in der Stelle, wo Vitellio versichert, daß die Scintillation außerordentlich groß wird, wenn man das Bild eines Sterns beobachtet, das von einer etwas bewegten Wasserfläche reflectirt wird.

Eine für das unbewaffnete Auge wahrnehmbare Bewegung würde in einem Fernrohre sehr beträchtlich werden, aber die Sterne scintilliren zuweilen sehr stark, ohne irgend merkbar zu oscilliren. Diese Bemerkung allein zeigt zur Genüge, wie wenig begründet die angeführte Erklärung sein kann, in welcher überdies nicht einmal der Versuch gemacht wird, von den Farbenerscheinungen Rechenschaft zu geben.

In der Vorstellungsweise des Aristoteles befangen verfehlte Vitellio nicht, die Unsicherheit des Gesichtssinnes in der Entfernung der Fixsterne unter die Zahl der die Scintillation begünstigenden Ursachen zu rechnen; ferner erinnert er daran, daß nach der Philosophie der Peripatetiker unter dem Himmel eine feurige Region existirt, wo Alles in fortwährender Agitation ist, dergestalt daß die Lichtstrahlen, welche jene Region zu durchlaufen haben, Ablenkungen und Zerstreuungen erleiden müssen, während die zwischen jener feurigen Sphäre und der Erde befindlichen Planeten nothwendig ein reines und ruhiges Licht bewahren.

Ich würde mich an meinen Lesern zu versündigen glauben, wollte ich mich bei einer ausführlichen Widerlegung der beiden Gründe für die Scintillation aufhalten, welche Vitellio den von Alhazen gegebenen hinzufügt: die durch die Entfernung hervorgerufene Unsicherheit der Sehkraft, und der feurige zwischen der Region der Fixsterne und der Region der Planeten gelegene Himmel.

§. 5. Aguilonius und Aversa.

Franciscus Aguilonius schreibt die Scintillation einer sehr raschen Umdrehungsbewegung der Sterne zu, welche die Erscheinung zeigen;

infolge dieſer Bewegung würden uns die Fixſterne abwechſelnd helle und dunkle Theile ihrer Oberfläche zukehren.

Raphael Averſa ſchließt ſich dieſer Vorſtellung an, nur macht er, um die Exiſtenz der hellen und dunkeln Theile der Fixſterne zu erklären, die Annahme, daß ein Theil des Lichtes dieſer Himmelskörper in ihrem Inneren entſteht und verſchiedene Hinderniſſe zu durchlaufen hat, um an ihre Oberfläche zu gelangen. (Siehe Riccioli's Almagestum novum).

Der Erklärung des Aguilonius und Averſa kann man entgegenhalten, wie überhaupt allen denen, die für das Phänomen einen reellen und nicht auf die bloße Erſcheinung baſirten Grund ſuchen, daß die Sterne bei verſchiedener Höhe über dem Horizonte gleichmäßig funkeln müßten, was durch die Erfahrung nicht beſtätigt wird.

§. 6. Tycho.

So geſchickt, zuverläſſig und ſcharfſinnig Tycho als Beobachter war, iſt er doch im Allgemeinen nicht glücklich geweſen, wenn er der Urſache der Erſcheinungen nachzuſpüren verſuchte. Seine Vorſtellungen über das Sternefunkeln beſtehen eine eingehende Prüfung ebenſo wenig, als die bisher citirten und die Mehrzahl der im Folgenden noch zu beſprechenden Erklärungsweiſen.

Tycho führt als den Hauptgrund für das flackernde Licht der Sterne die Rotationsbewegung an, welche jenen Himmelskörpern eigen ſei und nicht verfehlen könne, eine Zerſtreuung ihrer Strahlen herbeizuführen. Ferner ſollen die Sterne eine große Anzahl reflectirender Flächen beſitzen, die ſich der Reihe nach unſeren Augen zukehren. Die Scintillation wäre alſo ein Analogon zu dem Glanze der Facetten eines Diamanten. Die Planeten, fügt er hinzu, funkeln nicht, weil ſie ſich nicht um ſich ſelbſt drehen!

Was will Tycho ſagen, wenn er die Umdrehungsbewegung eines Geſtirns als Urſache für die Zerſtreuung ſeines Lichtes anführt? Soll die Zerſtreuung, welche er meint, eine Wirkung der Centrifugalkraft ſein, wie etwa das Umherfliegen der Funken bei der Sonne eines Kunſtfeuerwerkers? Ohne zu unterſuchen, in wiefern eine derartige

Vorstellung ungenau sein würde, begnüge ich mich mit der Bemerkung, daß irgend eine Ursache, welche fortwährend und in continuirlicher Weise wirkt, ganz abgesehen von ihrer sonstigen Beschaffenheit, ein Phänomen von intermittirendem und unregelmäßigem Charakter nicht zur Folge haben kann. Wenn Tycho aus der Abwesenheit einer Rotationsbewegung erklären will, warum die Planeten nicht scintilliren, so vergißt er dabei offenbar, wie seine eigenen Beobachtungen herausstellten, daß Mercur und Venus zuweilen stark funkeln.

§. 7. Cardan.

Cardan bekennt sich zur Meinung des Aristoteles rücksichtlich des Funkelns der Sterne. „Die weit sich erstreckende Sehkraft", sagt er, „oscillirt wegen ihrer Schwäche. Die Planeten sind uns nahe genug, damit unser Gesichtssinn sie mit voller Kraft erreicht, aber er geräth ins Zittern bei den Fixsternen, wegen ihrer Entfernung. Dieses Zittern des Gesichtssinnes bewirkt, daß sich die Sterne zu bewegen scheinen, denn es macht keinen Unterschied, ob die Sehkraft schwankt, oder das gesehene Object." (Riccioli.)

Wir haben uns bei der Widerlegung der Aristotelischen Ansicht nicht aufgehalten, zu welcher, wie man sieht, Cardan Nichts hinzufügt, da er sogar fast wörtlich die eigenen Ausdrücke des Aristoteles und Geminus braucht. Gehen wir also weiter.

§. 8. Scaliger.

Scaliger führt für die Scintillation fünf verschiedene Ursachen an: 1) die Größe des Sterns, 2) seine Helligkeit, 3) die Bewegung desselben, 4) die von den Strahlen durchlaufene Luft, 5) die Bewegung des Lichtes bei dem beobachteten Gestirn.

Eine theoretische Aufzählung aller dieser wahren oder eingebildeten Ursachen zu liefern, war keine schwere Aufgabe; nicht so leicht die Erörterung, welcher Theil einer jeden bei der Hervorbringung des Phänomens zukomme, und hierin ist Scaliger in der That nicht glücklich gewesen. Die erste und die zweite Ursache werden nicht gerechtfertigt; die dritte findet sich schon bei Aguilonius und ist unter dessen Namen widerlegt. Was den fünften Grund betrifft, so müßte man

nicht allein, wie Scaliger will, als bewieſen annehmen, „daß in den glühenden Körpern eine Fähigkeit zu intermittirender Lichterzeugung vorhanden iſt, den Vorgängen analog, welche wir beim Brennen unſerer Kerzenflammen wahrnehmen", und nichts Gezwungenes oder Zweifelhaftes in der Vergleichung einer Kerzenflamme mit Himmelskörpern finden, die an Volumen die Sonne übertreffen: ſondern hätte dann immer zu fragen, in welcher Weiſe die auf das ebengemachte doppelte Zugeſtändniß geſtützte Hypotheſe im Stande ſein ſollte, die logiſche Erklärung für ein Phänomen abzugeben, deſſen Intenſität von dem Stande der Sterne über dem Horizonte abhängt.

Kommen wir endlich zu dem Einfluſſe der Atmoſphäre, ſo müſſen wir bekennen, was auch Keppler dagegen ſagen mag, daß Scaliger von der Scintillation, ſofern ſie ſich als eine einfache Intenſitätsveränderung äußert, die einfachſte und wahrſcheinlichſte Erklärung, welche zu ſeiner Zeit überhaupt möglich war, gab, als er ausſprach: „die leichten, in der Luft ſchwebenden Dünſte hemmen zuweilen die Strahlen der Sterne zum Theil, und laſſen ſie dann wieder in ihrem vollen Glanze wirken, woraus continuirliche Aenderungen in der Intenſität hervorgehen müſſen."

§. 9. Giordano Bruno.

Nach Giordano Bruno liegt die Urſache der Scintillation in den Sternen ſelbſt, welche Plato's Meinung zufolge ſich um ihren eigenen Mittelpunkt drehen, und deren Bilder folgeweiſe ſchwanken müſſen. (Riccioli).

Das Wörtchen folgeweiſe iſt hier eigenthümlich genug: der ganze Ausſpruch zeigt, mit welchen Erklärungen man im ſechszehnten Jahrhundert zufrieden war; dies möge ſeine Anführung entſchuldigen.

§. 10. Galilei.

„Ich bin der Meinung, daß wir angemeſſen urtheilen, wenn wir das Funkeln der Sterne der Vibration zuſchreiben, welche ſie ihrem eigenen Lichte mittheilen, d. h. einem Lichte, das ſich in ihrer inneren Subſtanz erzeugt." *)

*) Galilei, Opere T. V. p. 17.

Wenn ich dieſe Stelle richtig verſtehe, ſo ſoll die Scintillation auf einer reellen und intermittirenden Veränderung in der Ausſtrahlung des Lichtes ſeitens der Sterne beruhen; allein wie ſoll man dann die conſtante Verminderung erklären, welche die Scintillation mit zunehmender Höhe der Geſtirne über dem Horizont erfährt, ſo wie die faſt völlige Abweſenheit der Scintillation in gewiſſen Klimaten? Dieſe Bemerkung genügt ſchon, um der ganzen Hypotheſe den Todesſtoß zu geben.

§. 11. Keppler.

Mit folgenden Worten ſchließt Keppler (Stella nova) ſeinen Artikel über die Scintillation des neuen Sternes vom Jahre 1604:

„Der neue Stern hat alle übrigen an Klarheit, Reinheit und Größe übertroffen. Man konnte ihn beim Untergange, in der Nähe des Horizonts, bei ſehr feuchter Luft ſehen; trotzdem würde dies Alles ohne Wirkung geweſen ſein, wenn nicht der Körper dieſes Geſtirnes ſeinem Lichte die Urſache ſeines Funkelns und ſeiner Farben geliefert hätte; dieſe Urſache aber liegt in der ſehr raſchen Bewegung dieſes Körpers ſelbſt, oder in einem inneren Vorgange.“

An einem andern Orte (Astronomiae pars optica) ſchreibt Keppler die Scintillation „entweder einer inneren Veränderung zu, die man einen Paroxysmus nennen könnte, oder der äußeren Umlaufsbewegung eines dunkeln Körpers.“

An mehreren Stellen vergleicht er die Sterne mit facettirten Diamanten, bei denen die geringſte Bewegung die Farben des Regenbogens hervorruft. Er ſtellt ſich vor, daß die Geſtirne Ecken oder Kanten, ungleichförmig leuchtende Theile haben könnten, und erklärt auf dieſe Weiſe, wie es nicht nöthig ſei, daß bei jeder Scintillation eine ganze Umdrehung zurückgelegt werde. Bei der Beſprechung der von Scaliger gegebenen Erklärung ſtellt Keppler den Einfluß der Luft in die Reihe der ſecundären und minder wichtigen Urſachen der Erſcheinung.

Offen geſtanden ſcheint dies Alles des Genies eines Keppler wenig würdig.

Wir haben ſchon bei der Discuſſion der von Galilei aufgeſtellten

Erklärung erörtert, daß die Voraussetzung wirklicher Veränderungen oder Paroxysmen in der Lichtausstrahlung der Gestirne nicht von den allereinfachsten und elementarsten Erscheinungen der Scintillation Rechenschaft zu geben im Stande ist; das Gleiche findet auf die von Keppler der Hypothese seines Zeitgenossen hinzugefügte Annahme Anwendung: denn „die äußere Umlaufsbewegung eines undurchsichtigen Körpers" müßte in allen Gegenden und bei jeder Höhe der Sterne den nämlichen Effect hervorbringen, was den Beobachtungen widerspricht.

Die Ursache der Farbenphänomene bleibt trotz des Vergleichs mit den geschliffenen Flächen eines Edelsteins in völliger Dunkelheit, denn zwischen der Erzeugung prismatischer Bilder auf dem Wege der Reflexion und den Erscheinungen, welche das eigene Licht der Körper bei seinem Austritte aus geneigten Flächen hervorrufen würde, besteht ein großer Unterschied.

§. 12. Scheiner.

Scheiner glaubt, daß das Funkeln der Sterne seinen Grund einzig und allein in dem augenblicklichen und intermittirenden Aufhören der Erzeugung der Bilder der Sterne im Inneren des Auges habe, und durch das Dazwischentreten verschiedenartiger Dünste hervorgerufen werde.

Diese Erklärung kommt mit der vierten von Scaliger angegebenen Ursache unserer Erscheinung überein, weshalb wir uns nicht weiter dabei aufhalten.

§. 13. Descartes.

Descartes stellt sich vor, daß die Wirbel, welche in seinem Systeme alle Himmelskörper umgeben, aus einer flüssigen Materie bestehen und deshalb an ihrer Oberfläche eine zitternde oder wellenförmige Bewegung besitzen. Sieht man nun die Sterne durch ein solches Medium hindurch, so funkeln sie und scheinen in zitternder Bewegung; letztere muß nach seiner Meinung sogar eine Vergrößerung ihrer Bilder zur Folge haben, wie man z. B. an dem Bilde des Mondes

wahrzunehmen Gelegenheit hat, der ſich in einer von leichtem Winde bewegten Waſſerfläche ſpiegelt.*)

Geſetzt, die flüſſigen und wellenförmig bewegten Wirbel wären wirklich vorhanden, ſo würde die Erklärung des Descartes ſelbſt dann noch einen Widerſpruch enthalten, wenn wir zugeſtehen wollten, daß die Scintillation in einem Zittern der Sternbilder beſtehe. Zum Beweiſe dieſer Behauptung brauchen wir nur von Neuem an eine Bemerkung zu erinnern, welche wir bereits mehr als einmal angeführt haben, um die Theorieen der Vorgänger unſeres gefeierten Landsmannes zu widerlegen. Die Wirbel würden nothwendigerweiſe dieſelbe Wirkung hervorbringen, wie hoch oder wie niedrig die Sterne über dem Horizonte ſtehen möchten: da die Beobachtungen dieſer Folgerung widerſprechen, ſo brauchen wir bei der Erſcheinung, welche Descartes das Zittern der Bilder nennt, nicht länger zu verweilen.

§. 14. Huyghens.

Nach Huyghens iſt „das Sternefunkeln die Folge einer zitternden Bewegung der unſere Erde umgebenden Dünſte" (Cosmotheoros).

Wie mochte ein Mann von Huyghens' Geiſte meinen, daß eine ſo unbeſtimmte Phraſe für die ausreichende Erklärung eines ſo complicirten Phänomens, wie die Scintillation, gelten könnte? Es muß dies um ſo mehr in Verwunderung ſetzen, als Huyghens zugleich Geometer und Beobachter war.

§. 15. Gaſſendi.

Gaſſendi beſchreibt das Scintilliren der Sterne wie ein Blitzen oder Wetterleuchten. Das Phänomen ſcheint ihm ganz allein daher zu rühren, daß die Sterne, gleich der Sonne, eignes Licht ausſtrahlen; die Reinheit ihres Glanzes, der ohne jede fremde Beimiſchung zu uns gelangt, ruft in unſerem Auge eine ſo lebhafte Senſation hervor, daß es in Bewegung, in Vibration geräth.

Woher kommt es dann, fragen wir, daß Mercur ſcintillirt, daß

*) S. 323 des 4. Bandes der pariſer Ausgabe von Descartes' Werken.

das von einer Kugel reflectirte Sonnenlicht scintillirt, daß die durch die Dünste in der Nähe des Horizonts in ihrem Glanze geschwächten Sterne mehr funkeln, als die höher stehenden Sterne, ja daß sie zuweilen gar nicht funkeln?

Selbst abgesehen von diesen Einwürfen hat Gassendi nicht bemerkt, daß er an die Stelle der einen Schwierigkeit eine andere nicht weniger unerklärliche setzte: man konnte ihn fragen, welcher physische Unterschied zwischen eigenem Lichte von geringer Intensität und sehr hellem geborgten Lichte stattfinden solle, um zu erklären, weshalb nach seiner Vorstellung das eine scintillirt und das andere nicht, oder weshalb das Auge nur durch die erstere Art in Vibration gerathen soll. Ohne Zweifel war Gassendi ein bevorzugter Geist, aber er vermochte sich dem Einflusse des Jahrhunderts, in dem er lebte, nicht zu entziehen. Wo man vor der Zeit Alles erklären wollte, mußte man freilich mit Phrasen sich behelfen.

§. 16. Riccioli.

Riccioli ist der Ansicht, daß „die Ursache der Scintillation nicht allein in den Dünsten und Bewegungen unserer Atmosphäre zu suchen sei, sondern auch von den Staubtheilchen und undurchsichtigen Fäserchen, welche beständig in der Luft umherfliegen, herrühre."

Mir scheint, als unterschätze man die Ausdehnung des Phänomens, wenn man es auf die Wirkung undurchsichtiger, in der Atmosphäre schwebender Staub- oder Fasertheilchen zurückführen will. Findet die Scintillation nicht ebenfalls auf offener See, auf dem Gipfel der höchsten Berge statt? Oder sind die Ebenen Arabiens, wo die Sterne nicht scintilliren, etwa staubfrei? Ich werde weiter unten auf diese, auch von neueren Beobachtern versuchte Erklärungsweise zurückkommen.

§. 17. Hooke.

Der Verfasser der 1667 erschienenen Mikrographie hatte die Grenze, bis zu welcher die Kraft des Gesichtssinnes reicht, auf eine Bogenminute festgesetzt, indem seine Beobachtungen zeigten, daß ein

runder oder viereckiger Gegenstand von mäßiger Helligkeit unsichtbar wird, sobald sein Gesichtswinkel kleiner ist als eine Minute: scheint hieraus nicht zu folgen, daß eine Angularbewegung von weniger als einer Minute auch bei einem Sterne mit unbewaffnetem Auge nicht wahrgenommen werden dürfe?

Wie ist dieses Resultat mit der Theorie in Einklang zu bringen, welche Hooke zur Erklärung der Scintillation aufstellt? Unser Autor will nämlich das Phänomen von den unregelmäßigen Brechungen abhängig machen, welche die Lichtstrahlen beim Durchgange durch unsere Atmosphäre erfahren. Bei der Betrachtung durch ein Fernrohr müßte das Bild des scintillirenden Sterns folglich Verrückungen von mehr als einer Minute, d. h. über einen größeren Raum als der Durchmesser der Jupiterscheibe beträgt, ausgesetzt sein: was durch die Beobachtung widerlegt wird. Um mich davon zu überzeugen, habe ich ein dünnes Glasplättchen dergestalt schleifen lassen, daß es die Bilder der Gegenstände ungefähr um eine Bogenminute ablenkte. Wenn dieses dünne Prisma vor die Pupille gebracht wurde, mußte jedes Object um eine Minute von seiner Stelle gerückt erscheinen. Visirte man nun nach einem Sterne, und führte das Prisma in kurzen Zwischenräumen vor der Pupille vorüber, etwa fünf Mal in einer Zeitsecunde, so mußte man das Bild des Sternes eben so oft in einer Minute Abstand von seinem wirklichen Bilde erblicken. Dennoch haben die Herren Laugier und Goujon, denen ich die Ausführung dieses Versuchs anvertraute, keine derartige (?) Erscheinung wahrgenommen. Da es indeß möglich blieb, daß eine dem bloßen Auge unsichtbare Verrückung von einer Minute durch eine andere Art der Erscheinung wahrnehmbar werden könnte, so bat ich meine jungen Freunde, zu untersuchen, ob die rasche Bewegung des Prismas vor der Pupille etwa bei einem hochstehenden Sterne die Scintillation hervorrief. Der Versuch wurde mit der größten Sorgfalt bei α Lyrae angestellt, führte aber zu einem negativen Resultate.

Hooke hatte ferner den Gedanken, daß die in der Vertheilung der Wärme vorhandenen Unregelmäßigkeiten einem begrenzten Stücke der Atmosphäre, im Vergleich zu den benachbarten Theilen, möglicherweise die Gestalt einer converen oder concaven Linse geben könnten.

Im ersten Falle, sagt er, muß das Bild eines Sterns vergrößert, im zweiten dagegen verkleinert erscheinen.

Ich will mich nicht dabei aufhalten, durch eine genaue Rechnung zu prüfen, ob kalte oder warme atmosphärische Schichten, in der Gestalt von Linsen und von den umgebenden Schichten durch eine niedrigere oder höhere Temperatur unterschieden, in der That die auffallenden, von Hooke angenommenen Wirkungen zu erzeugen im Stande seien: ich beschränke mich auf die thatsächliche Bemerkung, daß eine in beliebigem Abstande vor dem Objective eines Fernrohrs aufgestellte convere oder concave Linse die Brennweite verkürzen oder vergrößern müßte, so daß während der Scintillation fortwährende Aenderungen des Focus stattfänden. Die Vergrößerungen ferner, von denen unser Autor spricht, müßten partiell oder vollständig auch an den Scheiben der Planeten wahrzunehmen sein, was kein Astronom jemals beobachtet hat.

Um die Farben zu erklären, erinnert Hooke daran, daß durch eine gewöhnliche Linse gesehen die Bilder der Gegenstände jederzeit farbig erscheinen, wenn sie in der Nähe der Ränder des Gesichtsfeldes erzeugt werden. Zur Zurückweisung dieser scharfsinnigen Hypothese genügt jedoch hier die Wiederholung der Bemerkung, daß die nämlichen Farbenerscheinungen nothwendigerweise auch an den Rändern der Planetenscheiben auftreten müßten, wenn die atmosphärische Linse vor dem Objective eines achromatischen Fernrohrs sich befände: keine Beobachtung hat aber etwas Derartiges gezeigt.

Worin sollte man schließlich, bei Annahme von Hooke's Erklärung, die Ursache der successiven Erscheinung heller Punkte in den dunkeln Centren der erweiterten Bilder der Sterne suchen?

Die auf die Interferenzphänomene gegründete Theorie hat den wesentlichen Vorzug, von den Intensitäts- und Farbenveränderungen Rechenschaft zu geben, ohne das Vorhandensein merklicher Variationen in der atmosphärischen Refraction zu Hülfe zu nehmen, welcher die zur Oeffnung der Pupille oder zum Objectiv des zur Beobachtung dienenden Fernrohrs gelangenden Strahlen unterworfen sind.

§. 18. Newton.

Wenn man sich gedrungen findet, einer von Newton aufgestellten oder angenommenen Ansicht — welches auch der Gegenstand sein möge — zu widersprechen, so verlangt der einem so großen Namen gebührende Respect eine wörtliche Anführung der der Kritik zu unterwerfenden Stelle. Ein bloßes Resumé genügt in diesem Falle nicht.

Newton hat sich mit der Scintillation im dritten Buche seiner Philosophiae naturalis principia mathematica, und am Schlusse des ersten Theils vom ersten Buche seiner Optik beschäftigt. Folgendes ist die Stelle aus den Principien:

„Auch die Strahlung und Scintillation der Fixsterne ist den Brechungen zuzuschreiben, welche die Lichtstrahlen in unseren Augen sowohl, als in der unruhigen Atmosphäre (aëris tremuli) erleiden: denn die Erscheinung hört auf, sobald man die Sterne durch ein Teleskop betrachtet. Das Zittern der Luft und der aufsteigenden Dünste verursacht, daß die Strahlen leicht abwechselnd von dem engen Raume der Pupille abgelenkt werden, was dagegen bei der größeren Oeffnung eines Fernrohrobjectivs nicht geschieht. Dies ist der Grund, weshalb die Scintillation im ersteren Falle entsteht, im letzteren aber unterbleibt: zugleich liegt in diesem Aufhören der Beweis für die regelmäßige Fortpflanzung des Lichtes durch den Himmelsraum ohne jede merkliche Refraction.“ *)

In der Optik ist diese Erklärung wesentlich modificirt, wie man beim aufmerksamen Lesen der folgenden Stelle bemerken wird: **)

„Die Luft, durch welche wir die Gestirne betrachten, befindet sich in ununterbrochener Bewegung, wie an dem Schwanken des Schattens eines hohen Thurmes und an dem Funkeln der Fixsterne zu sehen ist. Doch scintilliren diese Sterne nicht, wenn sie durch Fernröhre

*) Principia, lib. III, prop. 41, p. 467 der Ausgabe von 1723. In der deutschen Uebersetzung hat man geglaubt auf den Originaltext Newton's zurückgehen zu müssen, da der französische Text hier und im Folgenden die Uebersetzungen von Mad. Duchâtelet und von Beauzée citirt. Anmerk. d. d. Ausg.

**) Optice, lib. I, pars I, prop. 8 in der Ausgabe von 1719; in den frühern Ausgaben findet sich die Stelle nicht. Anmerk. d. d. Ausg.

mit weiten Oeffnungen betrachtet werden. Denn indem alsdann die Lichtſtrahlen durch verſchiedene Punkte der Oeffnung hindurchgehen und jeder für ſeinen Theil tremulirt, ſo treffen ſie mit mannigfaltigen und ſelbſt entgegengeſetzten Oscillationen zu gleicher Zeit auf verſchiedene Punkte im Innern des Auges, wo ihre Bewegungen zu lebhaft und zu unregelmäßig werden, um einzeln einen Eindruck hervorrufen zu können. Indem nun jene vielen oscillirenden Punkte infolge ihrer raſchen Bewegung und ihrer äußerſt kurzen Vibrationen ſich untereinander vermiſchen und unmerklich zuſammenfließen, erzeugen alle dieſe Punkte einen einzigen großen leuchtenden Punkt, und bewirken dergeſtalt, daß das Bild eines Sternes nicht allein größer erſcheint, als eigentlich der Fall iſt, ſondern auch ohne jede zitternde Bewegung des Ganzen, ſo weit eine ſolche durch unſere Sinne wahrgenommen kann.“

Bei der erſten, in den Principien gegebenen Erklärung läßt Newton die tremulirende Bewegung der Luft eine Rolle ſpielen, mit welcher man ſich ſchwer befreundet. Es ſcheint in der That, als müßten, wenn infolge jenes Zitterns in einem gegebenen Augenblicke Strahlen von der Pupille abgelenkt werden ſollen, die außerdem das Auge getroffen hätten, dafür andere benachbarte Strahlen in daſſelbe eindringen, welche bei ruhiger Atmoſphäre auf die undurchſichtige Hornhaut gefallen wären.

In der Optik iſt von den ſeitlichen Ablenkungen, welche einzelne Strahlenbündel nicht in die Pupille gelangen ließen, nach deren Oeffnung ſie gerichtet waren, nicht mehr die Rede, ſondern nur von kleinen Oscillationen der Strahlen, als deren Folge das Eintreten einer Vergrößerung oder Dilatation, aber kein Funkeln der Bilder der Sterne behauptet wird. Zu dieſem Zwecke angeſtellte Beobachtungen haben jedoch bewieſen, daß in den Fernröhren die Bilder der Sterne zuweilen ſcintilliren, ohne eine merkliche Anſchwellung zu erleiden, und daß ſie außerdem der Reihe nach durch alle Farben des Prisma hindurchgehen. Es ſcheint demnach unnöthig, der Prüfung einer Theorie längere Zeit zu widmen, welche von einem ſo weſentlichen Umſtande keine Rechenſchaft gibt, und noch in anderer Rückſicht zu Reſultaten führt, die der Beobachtung widerſprechen.

§. 19. Kern.

Bei der Durchmusterung des Katalogs der Bibliothek in Pulkowa (der russischen Hauptsternwarte) fand ich, daß diese Anstalt zwei Specialabhandlungen über die Scintillation besitzt: die eine, von Joh. Jeremias Kern, ist im Jahre 1686 zu Wittenberg gedruckt; die andere, von Upsala 1799 datirt, hat Bernhard Odström zum Verfasser. Hr. v. Struve hatte die Güte, mir die Einsicht dieser Dissertationen zu gestatten, doch habe ich nichts Bemerkenswerthes in ihnen gefunden.

Kern schließt sich der Ansicht an, daß „die Scintillation eine Folge der Parorysmen sei, welche allen intensiven Lichtquellen zukommen sollen, wie man z. B. an den Oscillationen der Kerzenflammen, der Fackeln u. s. w. sehen könne."

Da diese Erklärungsweise bereits widerlegt worden, so brauchen wir uns hier nicht von Neuem mit derselben zu beschäftigen.

§. 20. Jurin.

Jurin meint, daß wenn man sich streng an die Newton'sche Theorie der Anwandlungen des leichtern Durchgehens und Zurückwerfens halte, so folge daraus, daß das gewöhnliche Bild eines leuchtenden Punktes auf der Netzhaut aus einem kleinen centralen hellen oder dunkeln Kreise bestehen müsse, der von einer Reihe sehr enger kreisförmiger, abwechselnd dunkler und heller Ringe umgeben sei. Und da die Länge des durchlaufenen Weges, welche genügt, um einen Strahl aus der Anwandlung des leichtern Durchgangs in die Anwandlung der leichtern Reflexion zu versetzen, ausnehmend klein ist, so muß, bemerkt der Autor, die geringste Bewegung des Körpers oder des Auges des Beobachters hinreichen, um das, was im Bilde dunkel war, hell zu machen, und umgekehrt. Von diesen theoretischen Betrachtungen zur Erklärung des Phänomens des Sternefunkelns übergehend, drückt sich Jurin folgendermaßen aus: „Wenn die leuchtende Mitte des Bildes eines Sterns sich verdunkelt, und der anstoßende bisher dunkle Ring gleichzeitig leuchtend wird, was infolge der geringsten Bewegung des Auges, um sich dem Sterne zu nähern oder von demselben zu ent-

fernen, geſchehen kann, ſo muß dies die Erſcheinung hervorrufen, welche wir Scintillation oder Flackern der Sterne nennen.“

Der Hauptmangel dieſer Erklärung beruht nicht ſowohl in der Annahme, daß das undeutliche Bild des Sterns auf der Netzhaut, bei der Beobachtung ohne Hülfe eines Inſtruments, aus einer Reihenfolge von hellen und dunkeln Ringen beſtehe, deren Vorhandenſein noch Niemand hat beweiſen können: vielmehr iſt hervorzuheben, daß ſie den einfachſten Umſtänden der Erſcheinung nicht entſpricht.

Nach der Theorie Jurin's würde die Scintillation von dem jeweiligen Zuſtande der Atmoſphäre unabhängig ſein: andererſeits ſtände ſie in inniger Verbindung mit der Beweglichkeit oder Unbeweglichkeit des Beobachters; dergeſtalt, daß z. B. eine ſehr geringe Kopfbewegung vor- oder rückwärts die Scintillation eines Geſtirns ſo oft hervorrufen würde, als ſich die Bewegung erneuerte, was den Beobachtungen zuwider iſt. Ueberdem gibt die vorliegende Hypotheſe über die auftretenden Farbenveränderungen keine Rechenſchaft, ſo wenig als über die auffallenden Phänomene, welche ſich zeigen, wenn man durch ein Fernrohr beobachtet, deſſen Ocular aus ſeiner Stellung verſchoben wird.

§. 21. Jacob Caſſini.

In den Augen Jacob Caſſini's iſt die Scintillation „eine Art von leuchtendem Strahlenkranz (chevelure)“, von welchem die Sterne (dem unbewaffneten Auge) umgeben zu ſein ſcheinen.

Die Strahlen, aus denen dieſe Lichthülle beſteht, haben in der Atmoſphäre außerordentliche Brechungen oder Zurückwerfungen erfahren.

Für die Fernröhre iſt dieſe Art der Strahlung weniger bemerkbar, weil ſie die entfernten Strahlen vollkommener vereinigen, und weil ſie ſogar einen Theil des Lichtes aufhalten.

Wenn ich ſicher wäre, die Erklärung Caſſini's richtig verſtanden zu haben, ſo würde ich unbedenklich ausſprechen, daß ſie ebenſo viele Unrichtigkeiten, als Worte enthält, und im Gegentheil behaupten:

Die Scintillation iſt kein leuchtender Strahlenkranz; die Strahlen, aus denen dieſe Lichthülle beſtehen ſoll, haben in der Atmoſphäre

keine außerordentlichen Brechungen oder Zurückwerfungen erfahren; wenn für die Fernröhre dieſe Strahlung weniger bemerkbar iſt, ſo liegt die Urſache nicht darin, daß die Fernröhre die zerſtreuten Strahlen vollkommener vereinigen, oder das Licht aufhalten. Der Strahlenkranz iſt Nichts weiter, als eine optiſche Täuſchung.

§. 22. Dr. Long.

Die Anſicht, nach welcher die Scintillation ihren Grund in dem momentanen Verſchwinden der Sterne haben ſoll, hervorgerufen durch das zufällige Dazwiſchentreten kleiner in der Luft ſchwebender Staubtheilchen zwiſchen Stern und Auge; dieſe von Riccioli (§. 16) vertheidigte Anſicht findet ſich auch im erſten Bande der Aſtronomie von Robert Long (gedruckt 1742) entwickelt. Allein der Verfaſſer bemerkt nicht, daß wie klein auch ein Stern ſein möge, das Verſchwinden deſſelben ein Staubtheilchen von gleichem Durchmeſſer mit der Oeffnung unſerer Pupille erfordern würde.

Wie ſein Vorgänger Hooke hat übrigens Long die Beobachtung gemacht, daß die Sonnenſtrahlen bei ihrer Reflexion von einem unter kleinem Geſichtswinkel geſehenen Glaſe lebhaft ſcintilliren. Von den die Erſcheinung begleitenden Farben ſpricht er nicht.

§. 23. Mairan.

Mairan vergleicht die Scintillation mit der wellenförmigen oder oscillatoriſchen Bewegung, die man wahrnimmt, wenn man den Horizont „über einem weiten von der Sonne beleuchteten Gefilde" betrachtet, oder auch mit der Bewegung, welche die von einem Gegenſtande ausgehenden Strahlen erleiden, wenn ſie vor ihrem Eintritte in das Auge ſehr nahe an der Oberfläche eines geheizten Ofens vorübergehen. *)

Da die Scintillation in etwas ganz Anderem beſteht, als in einer undulatoriſchen Bewegung, ſo iſt die von Mairan gebrauchte Vergleichung völlig ohne Object und ohne Nutzen.

*) Mémoires de l'Académie des sciences, 1743, S. 28.

§. 24. Michell.

Der geiſtreiche Phyſiker Michell gibt folgende Erklärung für das Phänomen der Scintillation.

Ein einfaches Lichttheilchen bringt einen merklichen Eindruck auf unſer Geſichtsorgan hervor, einen Eindruck von einer gewiſſen Dauer. Damit ein Gegenſtand überhaupt ſichtbar werde, wird es ausreichen, daß eine kleine Anzahl von Lichtmolecülen — drei oder vier, wenn man will — in jeder Secunde zu uns gelange. Vielleicht überſteigt die Zahl derer, die wir von den glänzendſten Sternen, ſelbſt vom Sirius empfangen, nicht drei oder vier Tauſend in der Secunde. In dieſem Falle wäre es nichts Außerordentliches, wenn die Ungleichheiten, welche in der Anzahl der jede Viertel- oder Fünftelſecunde in das Auge gelangenden Strahlen — mögen ſie vereinzelt oder in großer Maſſe kommen — durch den Zufall (chance) herbeigeführt werden, genügten, um die Intenſitätsänderungen zu rechtfertigen, die die Scintillation bedingen und ſich ſo häufig wiederholen. Eine Vermehrung oder Verminderung von 1 auf 20 muß dieſe Reſultate zur Folge haben. Dies wird nicht zweifelhaft erſcheinen, wenn man berückſichtigt, daß der Stern in der Mitte des Schwanzes des großen Bären blos fünfzehn bis zwanzig Mal heller iſt, als der kleine Stern daneben.

Nach Michell ſind die rothen und blauen Strahlen im weißen Lichte in geringerer Menge vorhanden, als die Strahlen der dazwiſchen liegenden Farben. Alsdann wird die von dem common effect of chance herrührende Ungleichheit verhältnißmäßig größer in Bezug auf Roth und Blau als für die übrigen Farben ſein, und ein kleiner Ueberſchuß oder ein kleines Minus in der Anzahl der erſtgenannten Strahlen zu den Farbenerſcheinungen Veranlaſſung geben, welche die Scintillation ſtets zu begleiten pflegen.

Was iſt bei dieſer Erklärung unter dem common effect of chance zu verſtehen? Hängen die Intenſitätsänderungen von reellen Ungleichheiten in der Emiſſion der Strahlen, oder von dem Einfluſſe unſerer Atmoſphäre ab? Im erſtern Falle würden die Sterne in verſchiedener Höhe über dem Horizonte gleich ſtark funkeln, was nicht der Fall iſt. Im zweiten Falle müßten die atmoſphäriſchen Zu-

ſtände angegeben werden, welche die Eigenſchaft hätten, den common effect of chance häufig in höherem Maaße rückſichtlich der rothen und blauen Strahlen, als in Bezug auf die übrigen hervorzubringen; ohne dieſe Forderung würde Nichts erklärt und das Phänomen eben nur mit andern Ausdrücken beſchrieben ſein.

Schließlich ſcheint aus der von Michell aufgeſtellten Hypotheſe zu folgen, daß in einem Fernrohre die Scintillation ganz wegfallen müßte; und wie ſollte man auf Grund ſeiner Theorie die auf S. 15 beſchriebenen Erſcheinungen, die außerhalb des Brennpunkts auftreten, erklären?

§. 25. Lalande.

„Der Durchmeſſer eines Sterns", ſagt Lalande*), „iſt ſo gering, daß die kleinſten materiellen Theilchen, die von der Atmoſphäre getragen zwiſchen unſerem Auge und dem Sterne vorüberfliegen, hinreichen, um uns den letzteren zu verbergen und dann wieder zu zeigen. Denkt man ſich nun dieſes abwechſelnde Verſchwinden und Wiedererſcheinen oft und flüchtig genug, um für unſer Auge kaum von einander unterſcheidbar zu ſein, ſo wird es begreiflich, daß die Bilder der Sterne fortwährend zu zittern ſcheinen müſſen."

In der gegebenen Schlußfolgerung iſt ein offenbarer Fehler enthalten, wie Michell ſchon im Jahre 1777 bemerkt hat (vergl. die Philosophical Transactions).

Keineswegs würde das kleinſte undurchſichtige Maſſentheilchen hinreichen, um einen Stern zum Verſchwinden zu bringen, wie gering ſein ſcheinbarer Durchmeſſer immerhin ſein möchte, ſondern es müßte das materielle Theilchen jedenfalls einen Durchmeſſer von mindeſtens gleicher Größe mit der Oeffnung der Pupille haben: ſo voluminöſe Körper ſieht man aber in der Regel nicht in unſerer Atmoſphäre umherfliegen. Und ſelbſt wenn es ſolche undurchſichtige Molecüle gäbe, würde man die Erklärung der Farben vermiſſen.

---

*) Lalande, Aſtronomie, Bd. III, S. 85.

§. 26. Muſſchenbroek.

Nachdem Muſſchenbroek ſeine hinſichtlich der Scintillation gemachten Beobachtungen auseinandergeſetzt, und die Behauptung ausgeſprochen hat, daß das Phänomen „unabhängig ſei von der Atmoſphäre oder den zahlreichen Ausdünſtungen, die ſich in derſelben erheben", findet er Nichts weiter darüber zu ſagen, als daß „die Scintillation von der Lebhaftigkeit des Lichtes und von der Activität (activité) abhängt, mit welcher daſſelbe auf unſer Geſichtsorgan einwirkt!"*)

Damit wird natürlich die Frage um keinen Schritt weiter gebracht; denn es bleibt zu beantworten, wie die Lebhaftigkeit des Lichtes und die Activität ſeiner Einwirkung auf den Geſichtsſinn im Stande ſein ſollen, die Scintillation zu erzeugen.

Auch wird man bemerken, daß dieſe vorgebliche Erklärung ſchon von Gaſſendi (§. 15) gegeben worden iſt.

§. 27. Darwin.

Wenn ein Gelehrter einen großen Theil ſeines Lebens auf das Studium eines ſpeciellen wiſſenſchaftlichen Gegenſtandes verwendet hat, ſo wird er unwillkürlich und durch eine natürliche Tendenz des menſchlichen Geiſtes dazu verleitet, den Urſprung, die Urſache und die Erklärung auch ſolcher Erſcheinungen auf ſeinem Lieblingsgebiete zu ſuchen, welche zu demſelben in keinerlei Beziehung ſtehen. Dies iſt Darwin begegnet.

Wenn die Netzhaut auf einem begrenzten Theile ihrer Fläche durch die Einwirkung von farbigem Lichte, z. B. von Roth, gereizt wird, und das Auge alsdann nach einem weißen Grunde blickt, ſo ſieht es ſofort ein Bild, deſſen Farbe aus der Vereinigung aller Farben des Prismas, mit Ausſchluß des Roth, entſpringt. Das Reſultat iſt ein verſchiedenes, beruht aber auf demſelben Principe, wenn der Grund, nach welchem das gereizte oder ermüdete Auge blickt, ſelbſt farbig iſt.

Vorſtehendes zur Erklärung der ſogenannten Contraſtphänomene

*) S. 465 des 2. Bandes der franzöſiſchen Ausgabe.

mit Recht aufgeſtellte Princip hat nun Darwin anzuwenden verſucht, um von dem bei der Scintillation des Sirius von Melville beobachteten Farbenwechſel Rechenſchaft zu geben.

Das Auge, ſagt er, war durch die weißen und glänzenden Strahlen des Sterns gereizt, und mußte, wenn es dann auf den blauen Grund des Himmels blickte, ein blaues Bild ſehen.

Gegen dieſe Erklärung iſt ſo viel einzuwenden, daß man in der That nicht weiß, womit man anfangen ſoll.

Zunächſt zeigen ſich die Farben am Stern ſelbſt und nicht zur Seite, auch erſcheinen ſie in der dunkelſten Nacht, wo das Blau des Himmels abſolut keine Rolle ſpielen kann. Ferner bemerkt man nicht blos Blau, wenn Sirius funkelt, ſondern auch Grün, Gelb, Roth, und für dieſe Farben ließe ſich aus dem Spectrum im Auge ſchwerlich eine Erklärung herleiten. Wie wollte man endlich — um nur dies noch anzuführen — rechtfertigen, daß in gewiſſen Klimaten und zu gewiſſen Jahreszeiten die die Scintillation der Sterne begleitenden Farben faſt ganz und gar wegfallen: ſollen etwa die phyſiologiſchen Eigenſchaften des Auges in ſolchem Falle ihre Wirkung verlieren?

Man iſt in der That erſtaunt und verwundert, wenn man ſieht, daß eine Theorie, die nicht die geringſte Prüfung verträgt, in einer wiſſenſchaftlichen Sammlung wie die Philosophical Transactions Platz finden, und unter der Autorität eines ſo ausgezeichneten Mannes wie Darwin hat auftreten können.

§. 28. Sauſſure.

Sauſſure erblickt im Funkeln der Sterne ein Schwanken der Lichtſtrahlen, hervorgerufen durch alternirende Verdichtungs- und Verdünnungszuſtände in gewiſſen Theilen der Atmoſphäre. *)

Dieſe Vorſtellung von der Scintillation fanden wir ſchon bei Alhazen und bei Hooke, Newton folgt ihr zum Theil, und Mairan ſchließt ſich ihr vollkommen an. Wir werden ſie noch bei einigen Autoren der Neuzeit finden: indeß wird ſie durch die einzige Bemerkung beſeitigt, daß die Scintillation nicht in einem Oscilliren der

*) Voyage au Col du Géant, 4. Bd. S. 303.

Bilder bestehen kann, wie aus dem §. 17 erwähnten Versuche hervorgeht.

§. 29. Odström.

Odström (man vergleiche den 19. Paragraphen über Kern) läßt die Scintillation abhängen von dem Dazwischentreten undurchsichtiger Körper oder Dünste, entweder von gleicher oder größerer Oberfläche, als die Pupille, wobei das Verschwinden der Sterne eintritt, oder von geringerer Oberfläche als die Oeffnung des Auges, was alsdann nur eine Schwächung des Lichtes zur Folge haben würde.

Auf diese Weise sucht Odström zu erklären, weshalb die Sterne — nach der gewöhnlichen Meinung, der er sich anschließt, — in den Fernröhren, und vornämlich in den Teleskopen mit weiter Oeffnung, nicht scintilliren.

Was die Planeten betrifft, so rührt ihr seltenes Funkeln daher, daß die undurchsichtigen Dünste selten einen scheinbaren Durchmesser von der Größe einer Planetenscheibe besitzen, und daß die Verminderung eines an sich schwachen Lichtes eine geringere Wirkung hervorbringt, als die proportionale Schwächung eines glänzenden Lichtes.

Für die Widerlegung der Odström'schen Erklärung verweise ich auf die Abschnitte über Scheiner, Riccioli, u. s. w. (§§. 12, 16.)

§. 30. Young und Nicholson.

In seinen Lectures on Natural Philosophy *) sagt Young von der Scintillation der Gestirne:

„Die Ursache des Funkelns der Sterne ist nicht vollkommen bekannt, doch bringt man diese Erscheinung nicht ohne einige Wahrscheinlichkeit mit Veränderungen in Verbindung, welche in der Atmosphäre fortwährend vorgehen und ihr Brechungsvermögen (its refractive density) alteriren."

Nicholson führt zuerst den merkwürdigen Versuch an, bei welchem das Bild des Sirius in einen farbigen Lichtstreifen verwandelt wurde, woraus er schließen zu müssen glaubte, daß das Bild des Sirius

*) 1. Band, S. 490.

wenigſtens dreißig Mal in der Secunde ſeine Farbe ändert, und ſpricht dann aus, daß er in keiner ihm bekannten Eigenſchaft des Lichtes eine Aufklärung für dieſe Erſcheinung gefunden habe.

Vielleicht erſcheint es auffallend, daß ich nach dieſen beiden ſo beſtimmten negativen Auslaſſungen die Namen von Young und Nicholſon in die Reihe derjenigen Aſtronomen ſtelle, welche für die Scintillation eine Erklärung geben zu können vermeinten. Zu meiner Entſchuldigung habe ich anzuführen, daß es mir nicht unintereſſant ſchien zu conſtatiren, daß der Urheber der Lehre von den Interferenzen — wenigſtens ſoweit die durchlaufenen Wege in Betracht kommen, — ſo wie daß der Erfinder des einzigen wirklich neuen Verſuchs, der ſeit Ariſtoteles' Zeiten bis auf die Gegenwart über die Scintillation angeſtellt worden: daß dieſe beiden Männer den Schwierigkeiten des Problems gegenüber nicht anſtanden, offen auszuſprechen, daß ihnen keine Erklärung bekannt ſei. In dieſem Geſtändniß liegt mehr wahres Verdienſt, als in ſo vielen vorzeitigen oder mißlungenen Erklärungsverſuchen.

§. 31. Biot.

Biot hält die Scintillation für eine Art von Zittern oder Schwanken (déplacement) der Sterne, verurſacht durch häufige Ungleichheiten in den Brechungen, welche die Lichtſtrahlen bei ihrem Durchgange durch die Atmoſpäre erleiden. Dieſe Ungleichheiten in der Refraction ſchreibt mein berühmter College der mehr oder minder unregelmäßigen Condenſation der in der Luft aufgelöſten wäſſerigen Dünſte, ſo wie den daraus hervorgehenden localen und vorübergehenden Aenderungen in der Dichtigkeit oder der Temperatur zu.

Die Abweſenheit der Scintillation bei den Planeten ſucht Biot mit ſeiner Hypotheſe in Einklang zu bringen, indem er ſagt, daß die zufälligen Ungleichheiten der Brechungen in der Atmoſphäre nicht ſtark genug ſind, um die Scheiben der Planeten ganz von der Stelle zu rücken. *)

*) Traité d'Astronomie physique, 1. Bd. S. 231 u. 232 der zweiten Ausgabe.

Beſtände die Scintillation in der That — was jede genaue Beobachtung widerlegt, — in einem Schwanken oder einer Verrückung der Bilder der Geſtirne, ſo könnte dieſe Erklärung zuläſſig erſcheinen. Immer würde aber die Frage wegen des Farbenwechſels bei dieſen Bildern zu beantworten bleiben, was nicht leicht ſcheint, ſobald man ſich darauf beſchränkt, nur die Ungleichheiten in der Brechung eine Rolle ſpielen zu laſſen.

Um dem Vorwurfe zu entgehen, eine in der zweiten Ausgabe der Astronomie physique gegebene Theorie zu widerlegen, während ſie in der dritten Auflage eine veränderte Darſtellung gefunden habe, ſo will ich hinzufügen, daß dieſe Veränderungen keinen weſentlichen Punkt betreffen, und daß der Verfaſſer die Scintillation immer aus einer Art von Schwanken (trépidation) der Sterne herleitet, welches zuweilen mit unbewaffnetem Auge wahrnehmbar wäre: das hieße aber den Betrag ſolcher Schwankungen zu wenigſtens einer Bogenminute annehmen, allen Reſultaten der ſicherſten Beobachtungen entgegen. Ferner fühlt Hr. Biot in der dritten Ausgabe ſeines Werkes das Bedürfniß, den Farbenwechſel beim Funkeln der Sterne in Betracht zu ziehen, wovon in der zweiten keine Rede war, und hat die Güte der Beziehung zu gedenken, in welcher nach meinem Dafürhalten dieſes Phänomen zur Theorie der Interferenzen ſteht. Von den in den Fernröhren beobachteten Erſcheinungen ſagt der gefeierte Phyſiker jedoch kein Wort.

§. 32. Forſter.

Im Jahre 1824 veröffentlichte Forſter eine Abhandlung,*) worin er ſagt, daß er anfänglich der Meinung geweſen ſei, die Farbenänderungen, welche ein Stern beim Scintilliren erfährt, „irgend einer im Sterne ſelbſt eintretenden Veränderung zuſchreiben zu müſſen, oder einer Rotationsbewegung, vermöge deren von der Oberfläche des Geſtirnes ſucceſſiv Theile von verſchiedener Farbe für unſere Erde ſichtbar würden. Jetzt glaube ich jedoch, fährt er weiter fort, daß das Phänomen unſerer Atmoſphäre angehört. Ich denke mir, daß in den oberen Theilen der Luft eine Art undulatoriſcher Bewegung ſtattfinden

*) Siehe weiter unten den §. 3 des auf dieſen Aufſatz folgenden Anhangs.

mag, und daß die wechſelnden Farben auf dem Wege der Refraction erzeugt werden: indem nämlich die Atmoſphäre alsdann wie ein unvollkommenes Prisma wirkt, kann ſie dem Auge verſchiedene Farben zuſenden, welche den verſchiedenen Neigungen, die die Grenzflächen der undulirenden Theile annehmen, entſprechen."

Wie hat Forſter überſehen können, daß ſeiner Hypotheſe zufolge jeder ſcintillirende Stern ſich dem unbewaffneten Auge ſowohl, wie bei der Betrachtung durch das Fernrohr, in der Geſtalt eines verlängerten prismatiſchen Spectrums mit deutlich getrennten Farben zeigen müßte, und daß die atmoſphäriſche Refraction ſelbſt in großen Höhen intermittirende Veränderungen erleiden würde, von denen die Beobachtung keine Spur zeigt?

§. 33. Capocci.

Der Director der Sternwarte zu Neapel, Capocci, hat in der zweiten Nummer der Sitzungsberichte der neapolitaniſchen Akademie aus dem Jahre 1842 ſeine Theorie der Scintillation entwickelt.

Capocci unterſcheidet in der Scintillation zwei getrennte Phänomene: die Bildung der divergirenden Strahlen, welche nach allen Richtungen hin von den Sternen auszugehen ſcheinen (l'irragiamento), und die Scintillation im eigentlichen Sinne, vermöge deren der Strahlenkranz ſich beſtändig abwechſelnd ausdehnt und zuſammenzieht.

Zunächſt erklärt er, daß die Urſache der divergirenden Strahlen in unſerem Auge, und nicht in dem leuchtenden Körper liegt, was gewiß Niemand beſtreiten wird. Ich darf ſelbſt hinzufügen, daß der Beweis, den er für ſeine Meinung zu geben ſich die Mühe nimmt, und den er aus dem ohne Zweifel von ihm für neu gehaltenen Verſuche ſchöpft, bei welchem die Strahlen eines Sterns ſich zu drehen und der Bewegung des Kopfes genau zu folgen ſcheinen, bereits in einem Aufſatze von Haſſenfratz enthalten iſt, von dem ein Auszug im 49. Bande des Journal de physique aus dem Jahre 1809 enthalten iſt.

Ebenſowenig wird Jemand der Behauptung Capocci's widerſprechen, wonach die divergirenden Strahlen, welche die Bilder der

Sterne zu umgeben ſcheinen, eine deſto weitere Ausdehnung beſitzen, je glänzender die Sterne ſind. Gewiß iſt Keiner, der nicht bemerkt hat, welch' beträchtlichen Raum die Sterne erſter Größe für das unbewaffnete Auge am Firmamente einzunehmen ſcheinen, während die Bilder der Sterne vierter und fünfter Größe im Gegentheil verhältnißmäßig klein erſcheinen. Das iſt gewiſſermaßen ein Axiom, das auch für terreſtriſche Lichtquellen Gültigkeit hat. Aber worin gewähren alle dieſe kaum noch zeitgemäßen Beobachtungen neue Einſichten in das Weſen der Erſcheinung, um deren Erklärung es ſich handelt?

Wenn ein Stern ſeine Intenſität ändert, ſo werden zugleich die Strahlen, die ihn zu umgeben ſcheinen, ihre Ausdehnung ändern: darüber hat niemals ein Zweifel obgewaltet: die Frage iſt vielmehr nach dem Grunde jener Intenſitätsänderung. Wenn man hier mit Capocci erwiedert, die Urſache liege in dem Mangel einer homogenen Durchſichtigkeit der Atmoſphäre, ſo iſt damit die Schwierigkeit nur anders ausgedrückt, aber nicht aufgelöſt. Woher ſollen bei dieſer vorgeblichen Erklärung die ſelbſt dem bloßen Auge ſo auffälligen Farbenwechſel der Bilder der Sterne, oder die merkwürdigen Veränderungen rühren, welche man in den Fernröhren wahrnimmt, u. ſ. w.? Wenn man dieſe weſentlichen und charakteriſtiſchen Züge eines Phänomens ganz bei Seite läßt, und andererſeits einräumt, mit den Bemühungen eines anderen Aſtronomen, um davon Rechenſchaft zu geben, wohlbekannt zu ſein, ſo heißt das, darf ich wohl ſagen, mehr als leichtfertig gehandelt; es liegt darin ein Verkennen der Anſprüche, welche man an Etwas, was unter dem ehrenvollen Namen einer Erklärung oder einer Theorie vorgetragen wird, zu ſtellen wohlberechtigt iſt.

Mit Unrecht verſucht Capocci ſeine nichtsſagenden Bemerkungen unter die Autorität eines ſo großen Namens wie Galilei zu ſtellen. Der gefeierte florentiner Aſtronom erblickte in den Feuchtigkeiten unſeres Geſichtsorgans die Urſache der divergirenden Strahlen, von denen die Sterne dem unbewaffneten Auge umgeben zu ſein ſcheinen; was aber den total verſchiedenen Vorgang der Scintillation angeht, ſo ſuchte er die Urſache in dem Geſtirn ſelbſt, wie ich auseinandergeſetzt habe (§. 10).

§. 34. Kämtz.

Der ausgezeichnete deutsche Physiker Kämtz hat sich in seinem Werke über Meteorologie ausführlich mit dem Funkeln der Sterne beschäftigt. Er betrachtet das Phänomen zum Theil als ein Schwanken des Sternes um seine mittlere Position: eine Annahme, die wie schon erwähnt, mir nicht statthaft erscheint. Das Schwanken müßte in der That sehr beträchtlich sein, um mit bloßem Auge wahrgenommen zu werden; alsdann aber würde es in den astronomischen Instrumenten sich bemerkbar machen und die Beobachtungen hindern. Ich wiederhole, es ist ein Irrthum, wenn man zwischen dem Scintilliren und den Oscillationen der Sterne einen nothwendigen Zusammenhang finden will.

Da die Planeten, fügt der Autor hinzu, einen scheinbaren Durchmesser von 30 bis 40 Secunden besitzen, so ist es schwieriger, ihre scheinbare Volumveränderung zu schätzen. Ich erlaube mir keine kritische Bemerkung zu dieser Stelle, weil es vielleicht an einem Irrthume der französischen Uebersetzung liegt, daß hier von einer Volumveränderung die Rede ist. *)

Hr. Kämtz erkennt an, daß außer seiner vorgeblichen oscillatorischen Bewegung bei der Scintillation Variationen in der Intensität und der Färbung eintreten, und erinnert in dieser Beziehung daran, daß der Verfasser des gegenwärtigen Aufsatzes schon vor geraumer Zeit diese beiden Phänomene an die Theorie der Interferenzen zu knüpfen versucht hatte. Allein was er darüber sagt, ermangelt einigermaßen der Klarheit und sogar der Genauigkeit, sofern Kämtz die Gesetze, die die gegenseitige Verstärkung und Aufhebung der Lichtstrahlen bedingen, welche ungleich brechende Schichten durchlaufen haben, sich nicht vollständig vergegenwärtigt zu haben scheint. So betrachtet er z. B. eine Ungleichheit in den durch die interferirenden Strahlen erlittenen Brechungen als die einzige Ursache, welche die Vernichtung der

*) Die Stelle lautet wörtlich in Kämtz' Lehrbuch der Meteorologie, Bd. 3, S. 76: „bei den Planeten, welche einen scheinbaren Durchmesser von 30 bis 40" haben, wird es schwerer, die geringe Vergrößerung des letztern zu bemerken," u. s. w. Ebenso ungerechtfertigt ist der Kämtz im folgenden Absatze gemachte Vorwurf. Anmerk. d. d. Ausg.

verſchiedenfarbigen Strahlen, aus denen das Spectrum beſteht, ſucceſſive herbeiführen könnte, während aus dem, was im 15. Kapitel ausführlich dargelegt worden iſt, folgt, daß zwei Strahlenbündel in ihrem Kreuzungspunkte ſich addiren oder aufheben, ohne daß man eine Ungleichheit in der Brechung zu Hülfe zu nehmen braucht. Die Erſcheinungen, welche man bei der Scintillation in den Fernröhren beobachtet, und auf die ich die Aufmerkſamkeit des Leſers ganz beſonders gelenkt habe, ſcheint Kämtz nicht gekannt zu haben.

§. 35. Arago.

Gleich anfangs, als ich über die Urſachen der Scintillation nachzudenken begann, kam mir der Gedanke, daß der Wechſel in der Intenſität und Farbe der Sterne in Beziehung ſtehe zu den Erſcheinungen der dünnen Blättchen, welche Newton ſo eingehend unterſucht hat.

Nach der Theorie dieſes unſterblichen Phyſikers gibt es für feſte oder flüſſige Körper jeder Art beſtimmte Dicken, wobei die Körper keinen Lichtſtrahl reflectiren, und ebenſo andere, aber gleichfalls ſehr kleine Dicken, bei denen das einfallende weiße Licht roth, gelb, grün, blau violett reflectirt wird, während die hindurchgehenden Strahlen genau die complementären Farben zeigen.

Dies vorausgeſetzt wollen wir annehmen, daß in der Atmoſphäre dünne Schichten, z. B. von Waſſer, ſchweben, welche jenen verſchiedenen Dicken entſprechen: dann werden die durch dieſelben hindurchgeſehenen Sterne nicht allein mit veränderlichem Glanze, ſondern auch bald blau, bald violett, grün, gelb, roth gefärbt erſcheinen.

Alle dieſe Folgerungen ſtehen im Einklange mit den Beobachtungen: warum alſo ſoll man die ihnen zu Grunde liegende Hypotheſe nicht als vollkommen gerechtfertigt anſehen? warum will man in zuſammengeſetzten Interferenzphänomenen eine Erklärung ſuchen, welche ſich ſo naturgemäß aus den Eigenſchaften der dünnen Platten ergibt?

Die Vorausſetzung iſt, daß in der Luft gewiſſe Platten oder Schichten ſchweben, dünn genug, um im durchgehenden Lichte Farben wie Roth, Gelb, Grün u. ſ. w. zu erzeugen. Ich glaube beweiſen zu können, daß dergleichen Schichten in unſerer Atmoſphäre nicht vorhanden ſind.

Denn nehme man eine dieſer Schichten als zwiſchen dem Auge des Beobachters, und der Sonne, dem Mond, Jupiter, Saturn oder Mars befindlich an, ſo wird man augenblicklich, je nach der Dicke der eingeſchalteten Platte, auf der Oberfläche des betreffenden Himmelskörpers einen rothen, gelben, blauen, grünen oder violetten Flecken ſehen. Selbſt am offenen blauen Himmel müßte man ſolche abgegrenzte farbige Stellen gewahren. Die Abweſenheit derartiger Erſcheinungen berechtigt meines Bedünkens zu der Behauptung, daß die Urſache dazu nicht vorhanden ſein kann.

Ein anderer, nicht minder triftiger Grund hat mich beſtimmt, auf dieſe Erklärung zu verzichten: ich meine die Unmöglichkeit, mit Hülfe der dünnen Blättchen, wenigſtens ohne zu den Interferenzen ſeine Zuflucht zu nehmen, das alternirende Verſchwinden und Wiedererſcheinen zu erklären, welches das Centrum im erweiterten Bilde eines außerhalb des Focus im Fernrohre beobachteten Sternes erfährt.

Zwanzigſtes Kapitel.

Schluß.

Wer die kritiſchen Bemerkungen des vorigen Kapitels lieſt, wird es vielleicht anmaßend finden, daß weder das Alter einer Theorie noch der berühmte Name ihrer Vertreter mich abgehalten haben, den Stab darüber zu brechen. Dennoch fürchte ich nicht die Strafe der Wiedervergeltung, da allein die Liebe zur Wiſſenſchaft und zur Wahrheit meine Einwendungen hervorgerufen hat. So werde ich auch bereitwillig jedem Einwurfe Gehör geben, der meine neue Erklärung zu entkräften geeignet ſein könnte.

Meine aufrichtige Meinung iſt, daß ich die Erſcheinung der Scintillation nach ihrem wahren Charakter aufgefaßt habe, indem ich ſie aus der Theorie der Interferenzen abzuleiten verſuchte, und die Dichtigkeit oder vielmehr das Brechungsvermögen der von den Strahlen durchlaufenen Schichten in Rückſicht zog. Indeſſen bin ich von dem Glauben weit entfernt, als bleibe, nachdem dieſer Grund gelegt,

Nichts mehr zu thun übrig, und als könne, vom theoretiſchen wie vom experimentellen Geſichtspunkte aus, die gegebene Erklärung nicht weiter vervollkommnet werden. So z. B. iſt es meines Wiſſens bis jetzt Niemand gelungen, in völlig genügender Weiſe und mit Ableitung der numeriſchen Werthe, die Erſcheinung der planetenähnlichen Scheiben bei den Fixſternen, nebſt den Ringen, welche dieſe Scheiben umgeben, mit der Theorie der Interferenzen in Einklang zu bringen.

Zwar ſoll ein deutſcher Geometer, Schwerd in Mannheim*), dieſe Unterſuchung mit Erfolg unternommen haben, doch ſagt man mir zugleich, daß ſeinen Rechnungen zufolge — welche ſich übrigens auf einfache, nicht achromatiſche Linſen beziehen — der Durchmeſſer der Planeten bei der Beobachtung durch ein Objectiv mit reducirter Oeffnung ſich ebenſo wie der Durchmeſſer der Fixſterne vergrößern müßte: ein Ergebniß, das durch directe Beobachtungen vollſtändig widerlegt wird.**)

Ich habe in allgemeinen Ausdrücken die Bildung der ſchwarzen Löcher in der Mitte des erweiterten Bildes eines Sterns der Interferenz der dahin gelangenden directen Strahlen mit den an den Rändern der vor das Objectiv geſtellten kreisrunden Oeffnung inflectirten Strahlen zugeſchrieben. Schon Fresnel hat in ſeiner zweiten bemerkenswerthen Abhandlung über die Diffraction gezeigt, daß dieſe Art die Erſcheinungen zu betrachten, deren ſich Young vor ihm bedient hatte, nicht genau ſei, ſondern daß man das Integral aus den Elementarwellen nehmen müſſe, welche von allen Punkten der abge-

*) Schwerd's Unterſuchungen finden ſich in ſeinem 1835 erſchienenen Werke „die Beugungserſcheinungen aus den Fundamentalgeſetzen der Undulationstheorie" S. 74. Anmerk. d. d. Ausg.

**) Gegen Ende des Jahres 1827 erwähnte ich in der Unterhaltung gegen Hrn. Babinet der Verſuche, die ich, um das Weſen der Scintillation zu ergründen, mit den dunkeln Löchern und den kleinen leuchtenden Scheiben angeſtellt hatte, welche man ſucceſſive in der Mitte des erweiterten Bildes eines außerhalb des Focus beobachteten Sternes wahrnimmt. Dieſe Ergebniſſe überraſchten ihn in hohem Grade, und Tags darauf theilte er mir Rechnungen mit, die auf die Lehre von den Interferenzen gegründet waren und eine genügende Rechtfertigung jener Phänomene enthielten. Es iſt ſehr zu wünſchen, daß die Unterſuchungen meines gelehrten Collegen der Oeffentlichkeit nicht mehr lange entzogen bleiben.

brochenen Wellen ausgehen. Dieſe Bemerkung wird nicht zu überſehen ſein, wenn man der Erklärung die volle mathematiſche Strenge geben will.

Es könnte ſcheinen, als müßten die im Centrum der erweiterten Bilder der Sterne auftretenden Löcher ſucceſſive roth, gelb, grün, blau u. ſ. w. gefärbt ſein; dieſelben ſind jedoch vollkommen ſchwarz. Ebenſo ſollte man auf den erſten Blick meinen, die veränderlichen Punkte oder Scheiben, welche ſich in der Mitte jener Löcher vorübergehend bilden, müßten der Reihe nach alle Farben des Spectrums durchlaufen: indeſſen zeigt die Beobachtung, daß dieſe intermittirenden leuchtenden Punkte von außerordentlicher Weiße ſind, ſobald man ſich eines achromatiſchen Objectivs bedient. Aber warum will man ſich auf den erſten Anſchein verlaſſen? Ich erinnere mich, daß ein Mitglied *) der mit der Prüfung des zweiten Aufſatzes von Fresnel über die Diffraction beauftragten Commiſſion gegen die Theorie des gefeierten Phyſikers einen Einwand erhob, den er für unwiderlegbar erachtete: er hatte nämlich durch Rechnung gefunden, daß in einem gewiſſen Abſtande von einem undurchſichtigen kreisrunden Schirme das Centrum des von demſelben geworfenen Schattens vollkommen glänzend und weiß ſein müßte, und daß ſeine Helligkeit dem Lichte nicht merklich nachſtehen könnte, welches den äußern Rand des Schirms oder des Schattens umgab. Als ich den Verſuch anſtellte, fand ſich das bezweifelte Reſultat der Rechnung in völliger Uebereinſtimmung mit der Beobachtung.

Uebrigens hängt vielleicht die Abweſenheit der Farben an den leuchtenden Punkten, die ſich von Zeit zu Zeit in der dunkeln Mitte des erweiterten Bildes eines Sterns zeigen, von dem Achromatismus des Objectivs ab; es iſt wenigſtens ſicher, daß man ſie nicht durch die Schwäche des Lichtes erklären kann; denn wenn man nach dem Verfahren von Nicholſon das Bild des Sterns in einem Lichtſtreifen auflöſt, ſo ſieht man den jenen leuchtenden Punkten entſprechenden Streifen unter allen prismatiſchen Farben.

Ich füge hinzu, daß als ich eines Tags die reflectirten Strahlen der Sonne betrachtete, wenn ich nicht irre, an der dem Kreuze auf der

*) Poiſſon. Anmerk. d. d. Ausg.

Kuppel der Sorbonne zur Unterlage dienenden Kugel, ich das Sonnenbild ſtark ſcintillirend fand, und daß der leuchtende Punkt, der im Centrum des wie bei dem Verſuche mit den Sternen erweiterten Bildes auftrat, mir lebhaft farbig erſchien.

Um die Rolle kennen zu lernen, welche die Intenſität des Lichtes bei dieſem Phänomene ſpielt, hatte ich vollkommen polirte Kugeln aus Glas und aus Metall von verſchiedenem Durchmeſſer anfertigen laſſen; ferner beabſichtigte ich auf experimentellem Wege den Geſichtswinkel zu beſtimmen, welchen der Durchmeſſer des Sonnenbildes haben müſſe, um auch unter den günſtigſten atmoſphäriſchen Umſtänden keine Scintillation mehr zu zeigen.

Ich nahm mir auch vor, den Einfluß zu unterſuchen, den man bei der Geſammtheit dieſer Phänomene dem Oculare zuzuſchreiben geneigt ſein könnte.

Allein der Zuſtand meiner Geſundheit, und vornämlich meiner Augen, zwingt mich Anderen, Glücklicheren die Aufgabe der Vervollſtändigung deſſen zu überlaſſen, was ich nur oberflächlich andeuten konnte.

Eine reiche Ernte intereſſanter Beobachtungen und Unterſuchungen vom Geſichtspunkte der allgemeinen Optik und der Undulationstheorie bietet ſich dar, wenn man die Geſtalt der Oeffnung, durch welche das Licht in das Fernrohr eintritt, Abänderungen unterwirft.

So haben meine beiden jungen Mitarbeiter, die Herren Goujon und Charles Mathieu ein gleichſeitiges Dreieck ſtatt eines Kreiſes benutzt, und ſind zu ſehr merkwürdigen Reſultaten gelangt: doch darf ich ihnen das Vergnügen nicht rauben, ſie der gelehrten Welt ſelbſt mitzutheilen.

Anhang.

[Der Aufſatz über die Scintillation der Sterne iſt im Annuaire des Längenbureau für 1852 veröffentlicht und im Vorſtehenden mit leichten Correctionen abgedruckt worden. Er enthält die definitive Redaction, unter welcher Arago ſeine Ideen über dieſes merkwürdige Phänomen, nach einer Beſchäftigung von länger als vierzig Jahren, niedergelegt hat. Vorher hatte Arago bei drei verſchiedenen Gelegenheiten die Hauptpunkte ſeiner Erklärung des Sternefunkelns kurz mitgetheilt: im Jahre 1814 in einer an Herrn von Humboldt gerichteten Notiz, welche ſich am Schluſſe des vierten Buches der Reiſe in die Aequinoctialgegenden des Neuen-Continents abgedruckt findet; im Jahre 1824 in den Annales de chimie et de physique, bei Gelegenheit eines Aufſatzes von Forſter über die zurückwerfende, brechende und zerſtreuende Kraft des Lichtes; endlich im Jahre 1840 in einer der Akademie der Wiſſenſchaften mitgetheilten Abhandlung, wovon ein kurzer Auszug im 10. Bande der Comptes rendus erſchienen iſt.

Der folgende Anhang enthält die drei aus den erwähnten Zeiten ſtammenden Noten des gefeierten Gelehrten, ſowie eine vierte Notiz über ein Diffractionsphänomen, welche am 26. Februar 1816 in der naturwiſſenſchaftlichen Claſſe des Inſtituts vorgetragen ward.]

§. 1. Erklärung der Erſcheinung der Scintillation, im Jahre 1814 Herrn von Humboldt mitgetheilt und am Schluſſe des 4. Buches ſeiner Reiſe in die Aequinoctialgegenden des Neuen-Continents abgedruckt.

Von der Mehrzahl der Phyſiker und Aſtronomen, die ſich mit der Scintillation der Sterne beſchäftigt haben, iſt der vielleicht bemerkens-

wertheſte Umſtand dieſer Erſcheinung unberückſichtigt gelaſſen worden: ich meine die plötzlichen und häufigen Farbenwechſel, welche das Phänomen jederzeit begleiten. Die ſeit einigen Jahren in der phyſikaliſchen Theorie des Lichtes gemachten Fortſchritte geſtatten uns, wie mir ſcheint, die Erklärung dieſes merkwürdigen Vorganges an die Lehre von den Interferenzen zu knüpfen, deren Entdeckung wir dem Dr. Young verdanken.

Aus den Verſuchen dieſes gefeierten Phyſikers hat ſich ergeben, daß wenn zwei Strahlen von homogenem Lichte auf zwei wenig von einander verſchiedenen Wegen in einem und demſelben Punkte des Raumes zuſammentreffen, ſie ſich addiren oder ſich gegenſeitig aufheben, je nachdem der Unterſchied in der Länge der durchlaufenen Strecken den einen oder den anderen Werth hat. Die Unterſchiede, welche der Aufhebung verſchiedenfarbiger Strahlen entſprechen, ſind nicht völlig gleich, und zwar bewirkt dieſe Ungleichheit, daß das Reſultat der Interferenz oder der Vermiſchung zweier weißer Strahlenbündel jederzeit von einer merklichen Färbung begleitet iſt: der Verſuch zeigt außerdem (ſiehe §. 2 dieſes Anhangs), daß wenn man die Stelle aufſucht, wo zwei Lichtbündel einen gewiſſen Einfluß aufeinander ausüben können, es nicht genügt, die Differenz der zurückgelegten Wege in Rechnung zu ziehen, ſondern daß auch die Berückſichtigung der ungleichen Brechbarkeit der durchlaufenen Mittel erforderlich iſt. Setzt man dies voraus, ſo läßt ſich leicht darthun, daß die von einem und demſelben Punkte ausgehenden Strahlen, welche ſich im Brennpunkte einer Linſe von geringer Ausdehnung vereinigen, übereinſtimmend ſchwingen oder ſich addiren, wenn ſie ſämmtlich Mittel von gleicher Dichtigkeit oder von dem nämlichen Brechungsvermögen durchlaufen haben: dagegen ergibt ſich aus derſelben Ueberlegung, daß eine ungleiche Brechbarkeit, je nachdem man die ſtattfindenden Abweichungen größer oder kleiner annimmt, in demſelben Focus die Neutraliſation dieſer oder jener Claſſe von Strahlen zur Folge haben wird. Die Anwendung dieſer Betrachtungen auf die Scintillation der Sterne lehrt, daß wenn alle Strahlen, die zu den verſchiedenen Theilen der Pupille gelangen, beſtändig atmoſphäriſche Schichten von der nämlichen Dichtigkeit durchlaufen, das Bild des Sterns ſtets dieſelbe In-

tenſität und Farbe haben muß, während im entgegengeſetzten Falle Farbe und Glanz jeden Augenblick wechſeln können. Für einen Stern im Zenith werden unter denſelben Umſtänden die ſeine Scintillation bedingenden Einflüſſe viel ſchwächer ſein, als für einen Stern in geringer Höhe über dem Horizonte. Unſere Klimate werden ferner das Funkeln der Sterne weniger begünſtigen, als die Tropengegenden, wo die Wärme in den atmoſphäriſchen Schichten gleichförmiger vertheilt iſt (?). Die Intenſitätsänderungen wird man leichter bei den Sternen erſter Größe wahrnehmen, wo ſie von einem entſchiedneren Farbenwechſel begleitet ſind, als bei den ſchwachen Sternen; das Gleiche gilt von den weißen Sternen im Vergleich zu denjenigen, welche von Natur ein farbiges Licht beſitzen. Alle dieſe Umſtände ſind, wenn ich mich nicht irre, im Einklange mit den Beobachtungen.

§. 2. Notiz über ein merkwürdiges, bei der Diffraction des Lichtes beobachtetes Phänomen, am 26. Februar 1816 im Inſtitut geleſen.

Die Claſſe hat Hrn. Poinſot und mich mit der Prüfung einer Abhandlung über die Diffraction des Lichtes beauftragt, welche von dem früheren Zöglinge der polytechniſchen Schule und jetzigen Ingenieur für Brücken- und Wegebau, Herrn Auguſtin Fresnel, ihr vorgelegt worden iſt. So weit es der Zuſtand des Himmels geſtattete, habe ich mich mit der Verification der Geſetze beſchäftigt, auf die der geſchickte Phyſiker geführt worden iſt, und welche mir beſtimmt ſcheinen in der Wiſſenſchaft Epoche zu machen. In kurzer Zeit wird dieſe Arbeit vollſtändig genau ſein, um der Claſſe den ausführlichen Bericht vorlegen zu können; indeſſen glaube ich ſchon jetzt aus meinen Beobachtungen eine mir neu ſcheinende Thatſache mittheilen zu ſollen, welche in Verbindung mit der in der Abhandlung des Hrn. Fresnel entwickelten Theorie zu wichtigen Conſequenzen zu führen ſcheint.

Stellt man einen undurchſichtigen Körper in den Weg eines Lichtbündels, ſo wird der äußere Rand ſeines Schattens durch Streifen von verſchiedener Farbe und Breite begrenzt. Newton hat dieſe Streifen im dritten Buche ſeiner Optik unterſucht, allein mit keinem

Worte erwähnt der gefeierte Physiker der nicht minder merkwürdigen Streifen, welche sich im Innern des Schattens sehr schmaler Körper bilden, obwohl bereits Grimaldi in seinem Werke eine detaillirte Beschreibung davon gegeben hatte. Vielmehr spricht Newton in bestimmten Worten aus, daß gar kein Licht in den Kernschatten eindringe. Die Ungenauigkeit dieses Resultats haben Maraldi und Delisle hinlänglich dargethan, welche übrigens zu dem, was Grimaldi lange Zeit vorher entdeckt hatte, nichts Wesentliches hinzufügten. Dies war der Stand unserer Kenntnisse über diese delicate Frage, als der Hr. Thomas Young einen sehr merkwürdigen Versuch anstellte (beschrieben in den Philosophical Transactions aus dem Jahre 1803), aus welchem sich ergab, daß es genügt, um die Gesammtheit der im Innern des Schattens eines Körpers gebildeten Streifen zum Verschwinden zu bringen, mittelst eines undurchsichtigen Schirmes den Theil des Lichtes aufzufangen, der blos an einem der beiden Ränder vorbeizugehen bestimmt ist, während die den entgegengesetzten Rand berührenden Strahlen ihren Lauf wie vorher ungestört fortsetzen können.

Der Versuch nun, der den Gegenstand der gegenwärtigen Notiz bildet, besteht darin, daß um die Gesammtheit der inneren Streifen ebenfalls zum Verschwinden zu bringen, man sich eines durchsichtigen Glases mit parallelen Flächen an der Stelle des vom englischen Physiker angewandten undurchsichtigen Schirmes bedienen kann. Hr. Young hatte gezeigt, daß die Erzeugung der inneren farbigen Streifen die gemeinschaftliche Wirkung der beiden weißen Lichtbündel erheischt, welche an den zwei Rändern des Körpers in den Schatten hinein gebeugt werden. Was ich so eben hinzugefügt habe, beweist ferner, daß diese Lichtbündel nur dann jene Streifen hervorbringen, wenn sie sich unter gewissen besonderen Umständen treffen, und ein Argument, welches über die Natur dieser Umstände keinen Zweifel übrig zu lassen scheint, liegt darin, daß man das Verschwinden der Streifen allmälich desto vollkommener herbeiführen kann, je größer man die Dicke der durchsichtigen Glasschirme wählt. So verlöschen z. B. äußerst dünne, an der Glasbläserlampe geblasene Glasplättchen nicht die inneren Streifen, sondern verrücken sie sämmlich um einen, zwei, drei u. s. w. Intervalle, je nach Verhältniß ihrer Dicke. Ich habe Glimmerblättchen

angetroffen, welche sie in den Raum hinüberrückten, den die gewöhnlichen äußeren Streifen einnahmen, und dies führt auf den Gedanken, daß auch die auf blos einer Seite des Körpers angebrachten Gläser von größerer Dicke die Streifen nur dadurch zum Verschwinden bringen, daß sie dieselben in den durch das nicht gebeugte Licht erleuchteten Raum hinüberrücken. Bei jedem Abstande haben die inneren Streifen eine symmetrische Lage zu beiden Seiten von der Mitte des Schattens. Die unter dem Einflusse der kleinen Glasplatte sich bildenden Streifen dagegen treten mehr oder weniger aus dem Schatten heraus je nach der Entfernung, in der man sie vom Körper auffängt, und nähern sich immer dem Rande, an welchem die Platte angebracht ist. Wie dick auch das eingeschaltete Glas genommen werden mag, so thut es der Bildung der inneren Streifen keinen Eintrag, wenn es den Rand des undurchsichtigen Körpers auf beiden Seiten überragt, dergestalt daß die nach Innen inflectirten Strahlen die nämliche Glasdicke zu durchlaufen haben. Zwei zu beiden Seiten des Körpers aufgestellte verschieden dicke Gläser wirken wie eine einzige Glasplatte, deren Dicke dem Unterschiede jener gleichkommt.

Alle Umstände dieses Experiments erklären sich vortrefflich mittelst der von Hrn. Fresnel angenommenen Theorie; allein hierzu müßte man voraussetzen, daß das Licht sich langsamer im Glase, als in der Luft bewegt. In der That würden alsdann die Erscheinungen in einen so befriedigenden Zusammenhang treten, daß man den Geschwindigkeitsverlust für jede Glasdicke oder für jedes andere beliebige Mittel, als Function einer Undulation in der Luft, dieselbe als Einheit genommen, leicht berechnen könnte. Ich darf selbst hinzufügen, daß Hr. Fresnel die durch die Einschaltung einer dünnen Platte erhaltene Wirkung voraussagte, als ich ihn erst von den bei einem dicken Glase beobachteten Phänomenen in Kenntniß gesetzt hatte. Ohne Zweifel wird dann dieselbe Theorie den Ausgangspunkt für die Erklärung der eigenthümlichen und verschiedenfarbigen Diffractionsstreifen bilden, welche sich in der Nachbarschaft der kleinen auf den Glimmerblättchen gewöhnlich sichtbaren Schlieren und unter anderen analogen Verhältnissen zu bilden pflegen.

§. 3. Bemerkungen über eine in der meteorologiſchen Geſellſchaft von London vorgeleſene Abhandlung des Hrn. Thomas Forſter, die zurückwerfende, brechende und zerſtreuende Kraft der Atmoſphäre betreffend, vom Februar und März 1824.*)

In keinem Lande der Welt, ſagt man, werden ſo viele wiſſenſchaftliche Werke gedruckt, als in England. Ich habe weder den Wunſch noch die Mittel, um dieſen Ausſpruch zu beſtreiten: wenn ich jedoch behaupten wollte, daß die engliſchen Gelehrten, natürlich mit ehrenwerthen Ausnahmen, ſich nicht die Mühe geben, um die in ſo großem Ueberfluß bei ihnen erſcheinenden Bücher zu leſen, ſo glaube ich wirklich, daß die londoner periodiſchen Schriften zur Unterſtützung dieſes auf den erſten Blick vielleicht paradox ſcheinenden Satzes ziemlich gute Argumente liefern würden.

Auf die vorſtehenden Betrachtungen führte mich die Leſung der von Hrn. Thomas Forſter verfaßten Abhandlung. Dieſer Phyſiker will die Entdeckung gemacht haben, daß wenn man die Sterne in der Nähe des Horizonts beobachtet, man „ſehr raſche Aenderungen in der Farbe und im Glanze“ wahrnimmt. Die Thatſache iſt richtig und ſehr merkwürdig; aber kann Hr. Forſter als ihr erſter Beobachter gelten? Man ſollte es kaum bezweifeln können, ſeitdem eine gelehrte Körperſchaft ſich bewogen gefunden hat, Hrn. Forſter eine ganz ſpecielle Autoriſation zu ertheilen, damit ſeine Schrift, welche eigentlich erſt in der von der Geſellſchaft herauszugebenden Sammlung ihrer Abhandlungen zu publiciren geweſen wäre, ohne Verzug zur Kenntniß der Beobachter gebracht würde. Indeſſen iſt es nicht minder gewiß, daß die in Begleitung der Scintillation auftretenden Farbenwechſel bereits von Keppler, von Galilei, von Descartes u. A. beſchrieben worden ſind. Und damit meine Reclamation vollkommen gegründet erſcheinen möge, kann ich hinzufügen, daß mehrere engliſche Autoren, wie Hooke in ſeiner Mikrographie, Michell in den Philosophical Transactions

*) Abgedruckt im 26. Bande der Annales de chimie et de physique, Jahrgang 1824.

(Vol. LVII.), Melville, Prieſtley (Geſchichte der Optik, 497) u. ſ. w. gleichfalls ausführlich darüber berichtet haben. Die Beſchreibung Hooke's lautet wörtlich: „Es iſt bemerkenswerth, daß in der Nähe des Horizonts die Sterne häufig ihre Farbe wechſeln, ſo daß ſie bald roth, bald gelblich, bald blau erſcheinen, ſelbſt dann noch, wenn ſie ziemlich hoch ſtehen" (Micrography, S. 218).

Wenn Hr. Forſter das Phänomen nicht entdeckt hat, ſo gebührt ihm vermuthlich die Entdeckung des in ſeinem Aufſatze angegebenen Mittels, um daſſelbe wahrnehmbar zu machen, wenn man die Sterne durch ein Fernglas betrachtet!

„Ich rückte," ſagt er, „das Ocular meines Fernrohrs ſo, daß die Strahlen hindurchgingen, bevor ſie ſich im Brennpunkte vereinigten." An dem auf dieſe Weiſe erhaltenen, vergrößerten oder erweiterten Bilde ließen ſich die Farbenveränderungen bequemer wahrnehmen.

Hiermit vergleiche man folgende Stelle aus der Zeitſchrift von Nicholſon, Band XXXIV, S. 116, vom Jahre 1813:

Wenn man das Ocular eines Fernrohrs verſchiebt, ſo „geräth das erweiterte Bild des Sternes außerhalb des Focus in ein derartiges Schwanken, daß man eine gewiſſe Mehrheit von Scheiben ſucceſſive vor einander aufleuchten zu ſehen glaubt. Dieſe Scheiben ſind verſchieden gefärbt, und zwar ſcheint die Erleuchtung von verſchiedenen Seiten zu kommen. Blau, ſtahlblau, grün, die Farbe des glänzenden Kupfers, roth und weiß ſind die häufigſten Farben."

Dieſe Farben lagern ſich übereinander und müſſen ſich folglich ſchwächen; zur Vermeidung dieſes Effectes empfiehlt Hr. Forſter, dem Fernrohre eine geringe Oscillationsbewegung mitzutheilen: das Bild des Sternes geht dann in eine lange Lichtlinie über, die in ihren einzelnen Theilen verſchiedene und ſehr lebhafte Farben zeigt.

Ich bin faſt verſucht, meine Leſer in dem Glauben zu laſſen, daß Hr. Forſter hier mit eigenem Geſpann pflüge. Denn wenn ich noch einige Zeilen weiter citire, ſo dürfte man den Vorwurf, den ich gewiſſen engliſchen Autoren vorhin machte, welche ſich nicht die Mühe geben, die Werke ihrer Vorgänger zu leſen, vermuthlich für ungegründet halten, und vielleicht die Annahme natürlicher finden, daß

blos eine specielle Abneigung gegen Citate zu Grunde liege. Indeß muß ich es schon darauf wagen, und fahre fort, aus demselben XXXIV. Bande des Nicholson'schen Journals (für 1813) folgende Beschreibung zu entlehnen:

„Nachdem ich ein kleines Fernrohr, sagt Nicholson, auf den Sirius gerichtet hatte, während das Ocular in der Entfernung des deutlichen Sehens sich befand, ertheilte ich mit den Fingern der rechten Hand dem Rohre des Instruments leichte, wiederholte Stöße. Das Bild des Sterns im Gesichtsfelde gerieth dadurch in eine tanzende Bewegung und erzeugte eine leuchtende Linie, den zusammenhängenden Lichtcurven vergleichbar, welche eine glühende, in rasche Bewegung versetzte Kohle beschreibt. Bei jeder Erschütterung bewegte sich der Stern längs einer in sich zurückkehrenden Curve, aber von so unregelmäßiger Gestalt, daß niemals zwei solche aufeinanderfolgenden Linien unter sich zusammenfielen. Die Anzahl der Stöße betrug etwa zehn in der Secunde. Die Curven erglänzten in ihren verschiedenen Theilen mit den lebhaftesten Farben, worunter sich ein grünliches Blau, Stahlblau und ein sehr intensives Braun oder Kupferroth am meisten bemerklich machten. Es schien mir, als wenn jede Farbe im Durchschnitt etwa ein Drittheil, oder etwas weniger, von der ganzen Ausdehnung der Linie einnahm. Das Licht des Sirius wechselte demnach deutlich wenigstens dreißig Mal in der Secunde seine Farbe, bevor es zum Auge gelangte."

Nicholson sagte in seiner Abhandlung, daß er in keiner ihm bekannten Eigenschaft des Lichtes eine Aufklärung für diese Erscheinung gefunden habe; Hr. Forster dagegen „denkt sich, daß in den obern Theilen der Luft eine Art undulatorischer Bewegung stattfinden möge, und daß die wechselnden Farben auf dem Wege der Refraction erzeugt werden: denn indem die Atmosphäre alsdann wie ein unvollkommenes Prisma wirkt, so kann sie dem Auge verschiedenfarbige Strahlen zusenden, den verschiedenen Neigungen, die die Grenzflächen der undulirenden Theile annehmen, entsprechend."

Selbst in Betreff dieses letzteren Punktes findet zwischen unseren beiden Autoren eine größere Uebereinstimmung statt, als man auf den ersten Blick denken sollte, und ihr Widerspruch ist nur schein-

bar; denn wenn auf der einen Seite Nicholſon offen und ehrlich ausſpricht, daß die Farbenveränderungen der Sterne ihm unerklärlich vorkommen, ſo geht Hr. Forſter etwas weiter, indem er eine vollkommen unzuläſſige Erklärung gibt, welche keinem der weſentlichen Umſtände der Erſcheinung Genüge leiſtet. Um mich auf einen einzigen Einwurf zu beſchränken: wer ſieht nicht ſogleich, daß wenn die Atmoſphäre wie ein Prisma wirken und die verſchiedenfarbigen Strahlen, aus denen das weiße Licht der Sterne beſteht, nach einander und getrennt in das Auge gelangen laſſen könnte, man die Sterne im Geſichtsfelde eines Fernrohrs in der Geſtalt verlängerter prismatiſcher Spectra erblicken würde, und nicht als nahezu runde Scheiben?

Ich wage allerdings nicht zu hoffen, daß Hr. Forſter nach der geringen Aufmerkſamkeit, welche er den Arbeiten ſeiner eigenen Landsleute geſchenkt, ſich herbeilaſſen werde, auf die Schrift eines Ausländers Rückſicht zu nehmen; ſonſt würde ich ihn auffordern, in den neuen Abhandlungen, die er in Ausſicht ſtellt, die von mir ſeit mehreren Jahren ausgeſprochene Behauptung einer Prüfung zu unterwerfen, ob die Scintillation, mit all' den begleitenden Intenſitätsänderungen und Farbenwechſeln, nicht etwa einfach als eine Wirkung der Interferenz der Lichtſtrahlen angeſehen werden könne. Und ſollten die vorhergehenden Bemerkungen nicht genügen, um ihn zur Aufgabe ſeiner bisherigen Erklärungsweiſe zu beſtimmen, ſo möchte ich ihm den Verſuch empfehlen, mit Hülfe ſeiner kleinen atmoſphäriſchen Prismen von folgenden Phänomenen Rechenſchaft zu geben:

Wenn man vor dem Objective eines (achromatiſchen) aſtronomiſchen Fernrohrs eine kreisförmige Oeffnung mit kleinem Durchmeſſer — z. B. von 27 Millimeter — anbringt, ſo ſind die Bilder der Sterne im Focus rund, ſcharf begrenzt, und von einer Reihe ſehr feiner und dicht gedrängter, leuchtender Ringe umgeben. Der Glanz dieſer Ringe variirt unabläſſig an den verſchiedenen Theilen ihres Umfangs: oft kommt es an einigen Punkten zum gänzlichen Verſchwinden.

Schiebt man nun, während Alles in demſelben Zuſtande bleibt, das Ocular ganz allmälich weiter ein, ſo ſieht man das Bild des Sternes nach und nach größer werden, und bald entſteht im Mittelpunkte ein ſchwarzer, runder, ſcharf begrenzter Flecken, ein wahres

dunkles Loch. Der Abſtand vom Brennpunkte, bei welchem dieſer Flecken auftritt, ändert ſich mit dem Durchmeſſer der vor das Objectiv geſtellten Oeffnung.

Eine neue Verſchiebung des Oculars in demſelben Sinne hat zunächſt eine Erweiterung des dunkeln Fleckens zur Folge, und hierauf die Bildung einer kleinen leuchtenden Scheibe in der Mitte des Loches. Vom Centrum nach der Peripherie gerechnet, wird alſo das Bild des Sternes dann beſtehen: aus der leuchtenden Scheibe, einem breiten dunkeln Ringe, und aus einem breiten Lichtringe. In einer dritten Stellung des Oculars, noch näher dem Objective, wird die Mitte des Bildes wieder dunkel ſein; dem breiten glänzenden Ringe, der dieſes Centrum umgibt, folgt alsdann ein dunkler Ring, an den ſich ſeinerſeits ein leuchtender Ring ſchließt.

Jedermann wußte, daß man in einem Fernrohre dem undeutlichen Bilde eines Sterns durch die einfache Verſchiebung des Oculars immer mehr wachſende Dimenſionen geben kann; allein es iſt mir nicht bekannt, daß man ſchon bemerkt hätte, daß in der Mitte des Bildes während dieſer Verrückung periodiſch eine dunkle oder eine helle, kreisrunde und ſcharf begrenzte Scheibe entſteht.

Durch folgenden Umſtand nun zeigt ſich dieſes Phänomen nicht allein mit der Erſcheinung der Scintillation verknüpft, ſondern könnte ſogar zu einer Art Meſſung der letzteren benutzt werden.

Nehmen wir für einen Augenblick an, daß das Ocular des Fernrohrs ſich in einer der Lagen befinde, wo das Centrum des Sternbildes, noch ganz dunkel, im Begriffe iſt, bei weiterer Verſchiebung leuchtend zu werden. Wenn der Stern nicht ſcintillirt, ſo wird alsdann die Geſtalt des Bildes conſtant bleiben; bei leichter Scintillation dagegen erſcheint in der Mitte des ſchwarzen Fleckens von Zeit zu Zeit ein kleiner leuchtender Punkt, als wenn man in dieſem Augenblicke das Ocular ein wenig hineingeſchoben hätte. Iſt das Funkeln lebhaft, ſo ſind die Veränderungen dieſer Art continuirlich.

Alle dieſe Umſtände laſſen ſich aus der von mir aufgeſtellten Erklärung des ganzen Phänomens ſehr einfach ableiten; die Annahme prismatiſcher Zerlegungen der Farben wird alsdann unnütz, da es ausreicht vorauszuſetzen, daß in der Dichtigkeit oder der Temperatur

der verſchiedenen atmoſphäriſchen Schichten, welche die Strahlen, bevor ſie ins Auge gelangen, zu durchlaufen haben, ausnehmend geringe Unterſchiede vorhanden ſind. Man müßte aber niemals die Wirkungen der aufſteigenden Windſtrömungen oder courants ascendants ins Auge gefaßt haben, wollte man in Abrede ſtellen, daß ſolche Unterſchiede, vornämlich in geringen Höhen über dem Horizonte, faſt zu jeder Zeit exiſtiren müſſen.

Ich habe ſchließlich nur eine Bemerkung hinzuzufügen. Die annähernde Bewegung des Oculars nach dem Objective iſt als ein Mittel angezeigt worden, um in der Mitte des Bildes eines Sterns nach einander ſchwarze und leuchtende Flecken entſtehen zu laſſen. Entfernt man das Ocular vom Objective, ſo treten analoge Wirkungen ein: dieſelben haben aber geringere Schärfe, und werden durch einige Farbenerſcheinungen complicirt. Hr. Brewſter hat in ſeiner Abhandlung über die aſtronomiſchen Inſtrumente (on new philosophical instruments) angegeben, daß die kreisförmigen Bilder der Sterne, oder die Schnitte der im Brennpunkte eines Fernrohrs ſich vereinigenden Strahlenkegel, niemals weder ſo deutlich, noch ſo ſcharf jenſeit des Focus ſind, als vor der Kreuzung der Lichtſtrahlen. Ich erinnere an die Wahrnehmung des ſchottiſchen Phyſikers, um daran die Bemerkung zu knüpfen, daß ſie zu den vorſtehenden Beobachtungen in keiner Beziehung ſteht: Brewſter ſpricht in der That von den Umriſſen des Bildes, während ich die Aufmerkſamkeit des Leſers nur auf die Veränderungen, welche in ſeinem Centrum vorgehen, habe lenken wollen.

§. 4. Auszug aus einer Abhandlung über die Scintillation der Sterne, abgedruckt im Sitzungsberichte der Akademie der Wiſſenſchaften vom 20. Januar 1840.

Um nach dem Reglement der Akademie das Recht zu erlangen, in den Band der akademiſchen Schriften, welcher gegenwärtig gedruckt wird, die ſchließlichen Ergebniſſe ſeiner vieljährigen Unterſuchungen über die Erſcheinung der Scintillation aufnehmen zu laſſen, unterbreitet Hr. Arago dieſe Reſultate heute der Genehmigung der Akademie. Da es unmöglich ſein dürfte, ohne die vorgeſchriebenen Grenzen zu

überschreiten, an diesem Orte einen hinreichend vollständigen Ueberblick darüber zu geben, so möge die Angabe genügen, daß der Inhalt der Abhandlung *) in vier getrennte Abschnitte zerfällt. Im ersten Abschnitte sucht der Verfasser nachzuweisen, daß die Scintillation der Sterne nichts Anderes ist, als eine scheinbare, äußerst rasche und häufige Aenderung in der Intensität und Farbe der Gestirne, welche ihren Grund in unserer Atmosphäre hat. Auf diese Definition gestützt zeigt Hr. Arago im folgenden Abschnitte, daß die bisher versuchten Erklärungen des Phänomens, von Aristoteles, von Galilei, Scaliger, Keppler, Descartes, Hooke, Huyghens, Newton, Michell und den Astronomen der neueren Zeit, nicht zulässig sind.

Neben diese lange Reihe von berühmten Namen stellt sich als eine besondere Classe die Gruppe derjenigen Beobachter, welche freimüthig aussprechen, daß sie für die Scintillation keine Erklärung zu geben vermochten. Wir nennen hier die Namen von Melville, von Nicholson und vom berühmten Entdecker der ersten Gesetze der Interferenzen, Thomas Young.

In der dritten Abtheilung enthält die Abhandlung eine Darstellung der physikalischen Versuche zur Ableitung derjenigen Sätze aus der Lehre von den Interferenzen, welche für die Erklärung der Scintillation erforderlich sind; sei es, daß diese Gesetze sich auf den Unterschied in der Länge der von den Lichtstrahlen zurückgelegten Wege beziehen, sei es, daß nur die ungleiche Brechbarkeit der von denselben Strahlen durchlaufenen Medien in Rechnung kommt. Aus diesen Gesetzen geht die strenge Folgerung hervor, daß wenn die von einem Sterne ausgesendeten Strahlen, bevor sie im Brennpunkte einer Linse zur Vereinigung kommen, eine Atmosphäre zu durchlaufen haben, worin Schichten von ungleicher Temperatur, ungleicher Dichtigkeit oder verschiedenem Feuchtigkeitszustande sich vorfinden, die Focalbilder eine beständig wechselnde Intensität und Farbe besitzen müssen, also

*) Die angeführte Abhandlung hat Arago später für das Jahrbuch des Längenbureau bestimmt und demgemäß redigirt: in dieser Gestalt bildet der wissenschaftliche Aufsatz über das Funkeln der Sterne den Anfang des gegenwärtigen Bandes.

genau ſo beſchaffen ſind, wie wir bei der Scintillation der Sterne wahrnehmen.

Nachdem ſo die Möglichkeit gezeigt worden, die Scintillation aus der Theorie der Interferenz des Lichtes abzuleiten und auf dieſem Wege eine genügende Erklärung des in Rede ſtehenden Phänomens zu gewinnen, findet ſich im vierten und letzten Abſchnitte der Abhandlung des Hrn. Arago eine Zuſammenſtellung mannichfaltiger Beobachtungen über die Scintillation der Sterne außerhalb des Focus der Fernröhre, ferner über die Scintillation der Sterne, ſobald ihr Bild bei der Reflexion von der äußeren Fläche ſtark gekrümmter Spiegel unter einem ſehr kleinen Geſichtswinkel geſehen wird, u. ſ. w. Dieſe Thatſachen ſcheinen der neuen Theorie völlig den Charakter eines ſtrengen Beweiſes zu verleihen.

Ueber die physische Beschaffenheit der Sonne und der Fixsterne.

Darstellung der Beobachtungen, welche die physische Beschaffenheit der Sonne und verschiedener Fixsterne uns kennen lehren. — Kritik der Conjecturen der alten Philosophen und der positiven Resultate der neueren Astronomen in Betreff der unserer Sonne unter der unermeßlichen Anzahl von Fixsternen, welche das Firmament bedecken, anzuweisenden Stelle.*)

Um die Mitte des verflossenen Monats Juli begaben sich von den meisten größeren Sternwarten Europa's Astronomen nach Norwegen, Schweden, Deutschland und Rußland, um die Sonnenfinsterniß vom 28. Juli an Orten zu beobachten, wo dieselbe als total erwartet wurde. Es leitete dabei die Hoffnung, daß ein sorgfältiges Studium des Phänomens mit Hülfe mächtiger Instrumente zu genügenden Aufschlüssen über verschiedene bei früheren Finsternissen wahrgenommenen Erscheinungen führen würde, für welche bisher noch

*) Da Arago durch seine Gesundheit verhindert war, der feierlichen Sitzung der fünf Akademieen des Instituts vom 25. October 1851 beizuwohnen, so hat Hr. Laugier die Vorlesung des obigen Aufsatzes gefälligst übernommen. Der Verfasser bittet seinen geehrten Collegen, den Ausdruck seiner lebhaften Dankbarkeit zu genehmigen.

Niemand eine definitive Erklärung aufzustellen den Muth gehabt hatte. Von Seiten gewisser Klügler, die mit der Geschichte der Astronomie, denke ich, schwerlich sehr vertraut waren, ist die vorwurfsvolle Verwunderung ausgesprochen worden, daß in der Wissenschaft, die den Namen der vollkommensten führt, selbst in Bezug auf das Gestirn, welches alle planetaren Bewegungen lenkt und beherrscht, es noch Probleme aufzulösen gibt. Sollte es denn wahr sein, hat man gefragt, daß wir in vieler Hinsicht noch keinen Schritt weiter gekommen sind, als die Philosophen des alten Griechenlands?

Von der Meinung ausgehend, es sei vielleicht nicht nutzlos, diese Fragen im Ernste zu nehmen, will ich eine Antwort darauf zu geben versuchen, ohne mir zu verhehlen, daß dieselbe in vieler Hinsicht trocken ausfallen werde, und ohne zu vergessen, daß ich vielleicht länger als erwünscht bei Details zu verweilen habe, die heute elementar geworden sind. Indessen hoffe ich, daß die Nachsicht meiner Zuhörer dem nicht fehlen werde, der eine Pflicht zu erfüllen sucht.

Zunächst wird uns ein allgemeiner Ueberblick über die Arbeiten der alten Philosophen und der neueren Beobachter lehren, daß wenn das Studium der Sonne ein zweitausendjähriges Alter aufzuweisen hat, der Gesichtspunkt oft ein anderer geworden ist, und daß während dieses Zeitraums die Wissenschaft gewaltige Schritte vorwärts gethan hat.

Anaragoras behauptete, die Sonne sei nicht größer als der Peloponnes.

Eudorus dagegen, der im Alterthum einer so hohen Achtung genoß, gab dem Licht spendenden Gestirne einen Durchmesser neun Mal so groß als der Mond. Gewiß war dies ein großer Fortschritt im Vergleich zu der Schätzung des Anaragoras; dennoch blieb auch die Angabe des Weisen aus Knidus von der Wahrheit außerordentlich fern.

Kleomedes, unter der Regierung des Augustus, sagt, daß unter seinen Zeitgenossen die Anhänger Epikurs dem Anscheine folgend der Meinung waren, daß der wirkliche (réel) Durchmesser der Sonne einen Fuß nicht übersteige.

Stellen wir diesen willkürlichen Schätzungen die Bestimmung an

die Seite, welche sich aus den mit der sorgfältigsten Genauigkeit, unter Anwendung außerordentlich vollkommener Instrumente ausgeführten Arbeiten unserer neueren Astronomen ergibt, so beträgt der Durchmesser der Sonne 192700 geographische Meilen, ist also von der Annahme der Epikureer, wie man sieht, weit genug entfernt.

Unter der Voraussetzung der Kugelgestalt der Sonne ist ihr Inhalt vierzehn hunderttausend Mal so groß als das Volumen der Erde. Da so große Zahlen im gewöhnlichen Leben nicht häufig zur Anwendung kommen und uns deshalb keine bestimmte Vorstellung von ihrer eigentlichen Größe zu geben pflegen, so will ich hier an eine Bemerkung erinnern, welche die ungeheure Größe der Sonne besser zu veranschaulichen geeignet sein dürfte. Denken wir uns einen Augenblick den Mittelpunkt der Sonne mit dem der Erde zusammenfallend, so wird ihre Oberfläche nicht blos bis in die Regionen reichen, wo der Mond sich um die Erde bewegt, sondern wird sich fast noch ein Mal so weit erstrecken.

Diese durch ihre Unermeßlichkeit so merkwürdigen Resultate sind nicht weniger sicher als die Principien der Elementargeometrie, welche ihnen zur Grundlage dienen.

Da das uns heute gesteckte Ziel ziemlich umfangreich ist, so will ich nicht bei einer detaillirten Vergleichung der wegen ihrer Kleinheit absurd zu nennenden Schätzungen der Alten über die Entfernung der Sonne von der Erde mit den aus den Beobachtungen der neueren Zeit abgeleiteten Resultaten verweilen. Ich beschränke mich vielmehr auf die kurze Anführung, daß es seit dem 1769 beobachteten Vorübergange der Venus vor der Sonnenscheibe bewiesen ist — nicht ohne Grund bediene ich mich dieses kategorischen Ausdrucks, — daß der mittlere Abstand der Sonne von der Erde $20^1/_2$ Millionen geogr. Meilen beträgt, und daß während des Uebergangs vom Winter zum Sommer die Entfernung der Sonne um fast 700000 Meilen zunimmt. So groß ist die Distanz der Erde von dem unermeßlichen Sonnenball, dessen physische Constitution zu ermitteln den Astronomen der Neuzeit gelungen ist. In Betreff dieses Punktes finden wir bei den alten Philosophen Nichts, was uns einen Augenblick zu beschäftigen verdiente.

Ihre Anſichten über die Frage, ob die Sonne ein reines oder ein materielles Feuer ſei, ein ewiges Feuer oder ein ſolches, welches einſt verlöſchen kann, waren auf keine Beobachtung geſtützt und ließen das Problem, deſſen Löſung unſere jetzigen Aſtronomen verſucht haben, in der tiefſten Dunkelheit.

Die in dieſer Richtung gemachten Fortſchritte datiren vom Jahre 1611. In dieſer von der Erfindung der Fernröhre wenig entfernten Zeit ſah ein holländiſcher Aſtronom, Fabricius, deutlich ſchwarze Flecken am öſtlichen Sonnenrande erſcheinen, allmälich nach der Mitte der Scheibe vorrücken, und bei ihrer weiteren Fortbewegung den weſtlichen Rand erreichen, um daſelbſt auf eine gewiſſe Zahl von Tagen zu verſchwinden.

Aus dieſen ſeit jener Zeit ſo oft wiederholten Beobachtungen durfte man den Schluß ziehen, daß die Sonne eine Kugel ſei, welche eine Rotationsbewegung um ihren Mittelpunkt beſitzt, deren Dauer etwa fünfundzwanzig und einen halben Tag beträgt.

Die erwähnten ſchwarzen Flecken ſind von unregelmäßiger und veränderlicher Geſtalt, jedoch mit ſcharfer Begrenzung, und beſitzen zuweilen ſehr beträchtliche Dimenſionen, da man deren beobachtet hat, welche dem fünffachen Erddurchmeſſer an Größe gleich kamen. In der Regel ſind ſie von einem helleren Gürtel umgeben, der jedoch der übrigen Fläche der Sonnenſcheibe an Helligkeit merklich nachſteht und Halbſchatten genannt wird. Dieſen zuerſt von Galilei bemerkten Halbſchatten haben die ſpäteren Aſtronomen mit Rückſicht auf die Veränderungen, die an ihm vorgehen, ſorgfältig unterſucht, und ſind dadurch in Betreff der phyſiſchen Beſchaffenheit der Sonne zu einer Annahme geführt worden, welche auf den erſten Blick ſehr auffallend erſcheinen muß.

Die Sonne ſoll aus einem dunkeln Körper beſtehen, in einem gewiſſen Abſtande von einer atmoſphäriſchen Hülle umgeben, welche man mit unſerer irdiſchen Atmoſphäre vergleichen kann, wenn dieſelbe eine zuſammenhängende Schicht undurchſichtiger, das Licht reflectirender Wolken enthält. Auf dieſe erſte Hülle folgt eine zweite, ſelbſtleuchtende und deshalb mit dem Namen der Photoſphäre bezeichnete. Dieſe von der inneren Wolkenatmoſphäre mehr oder weniger entfernte

Photosphäre bestimmt durch ihre Umrisse die sichtbare Begrenzung der Sonnenscheibe. Zufolge dieser Hypothese würden auf der Sonnenoberfläche jedesmal dann Flecken sich zeigen, wenn in den beiden concentrischen Umhüllungen correspondirende Oeffnungen oder Durchsichten sich bilden, die den dunkeln Centralkörper frei zu sehen gestatten.

Diejenigen, welche mit Hülfe kräftiger Fernröhre die dahin gehörigen Erscheinungen studirt haben, die Astronomen vom Fache, die competenten Richter erkennen an, daß die eben vorgetragene Hypothese über die physische Beschaffenheit der Sonne von den beobachteten Thatsachen genügende Rechenschaft gibt. Indessen ist sie noch nicht allgemein angenommen: in Werken von anerkannter Autorität wurden unlängst die Sonnenflecken wie Schlacken dargestellt, die auf der flüssigen Oberfläche des Sonnenkörpers schwimmen und vulkanischen Eruptionen entstammen sollten, für welche wir bei unseren irdischen Vulkanen nur schwache Analogieen finden würden.

Es war folglich wünschenswerth, wo möglich durch directe Beobachtungen über die Beschaffenheit der glühenden Sonnenmaterie Aufschluß zu gewinnen.

Wenn man jedoch bedenkt, daß ein Zwischenraum von 20 Millionen Meilen uns von der Sonne trennt, und daß uns kein anderes Communicationsmittel mit ihrer sichtbaren Oberfläche zu Gebote steht, als die von derselben ausgehenden Lichtstrahlen, so scheint in der bloßen Aufstellung dieses Problems eine nicht zu rechtfertigende Verwegenheit zu liegen.

Die neueren Fortschritte der Optik haben jedoch die Mittel geliefert, um die Aufgabe vollständig zu lösen. Eine kurze Auseinandersetzung, deren Trockenheit man mir verzeihen möge, wird die Einsicht in diese Möglichkeit verschaffen.

Jedermann weiß jetzt, daß die Physiker zur Unterscheidung zweier Arten von Licht gelangt sind, welche man als natürliches und als polarisirtes Licht bezeichnet. Ein Strahl des natürlichen oder gewöhnlichen Lichtes besitzt auf allen Punkten seines Umfangs die nämlichen Eigenschaften; das Gegentheil findet beim polarisirten Lichte statt. Die verschiedenen Seiten solcher Lichtstrahlen haben nicht die-

ſelben Eigenſchaften, und zwar tritt dieſe Ungleichheit bei einer Menge von Erſcheinungen hervor, die ich hier nicht ſpeciell anführen kann.

Bevor ich weiter gehe, muß ich auf das Auffallende in den Verſuchen hinweiſen, welche die Phyſiker mit Nothwendigkeit darauf geführt haben, von den verſchiedenen Seiten eines und deſſelben Lichtſtrahles zu reden, mit andern Worten, dieſe Seiten von einander zu unterſcheiden. Der Ausdruck auffallend, deſſen ich mich eben bediente, wird gewiß gerechtfertigt erſcheinen, wenn man bedenkt, daß Tauſende von Millionen ſolcher Strahlen gleichzeitig durch ein Nadelöhr hindurchgehen können, ohne ſich gegenſeitig zu ſtören.

Die Eigenſchaften des polariſirten Lichtes haben den Aſtronomen geſtattet, ihre Beobachtungsmittel durch einige merkwürdige Inſtrumente zu bereichern, aus deren Anwendung bereits vielfacher Nutzen gezogen worden iſt; ich nenne unter anderen das Polariſkop *) (lunette polariscope).

Wenn man die Sonne direct durch ein ſolches Polariſkop betrachtet, ſo erblickt man zwei Bilder von gleicher Farbe und Intenſität, zwei weiße und gleich helle Scheiben. Nehmen wir jetzt an, man ſehe nach dem von einer Waſſerfläche oder von einem Glasſpiegel zurückgeſtrahlten Sonnenbilde. Durch die Wirkung der Reflexion werden die Strahlen polariſirt: im Fernrohre erſcheinen alsdann nicht mehr zwei weiße Bilder von gleicher Beſchaffenheit, ſondern ohne ihre Geſtalt zu verändern, erglänzen dieſelben in den lebhafteſten Farben. Iſt das eine Bild roth, ſo erſcheint das andere grün; zeigt das erſte eine gelbe Farbe, ſo wird das zweite violett, u. ſ. f., indem die beiden correſpondirenden Farben ſtets ſogenannte Complementärfarben ſind, welche durch ihre Miſchung Weiß erzeugen. Durch welches Verfahren man auch das natürliche Licht in polariſirtes verwandeln möge, jedesmal treten an den beiden Bildern des polariſirenden Fernrohrs die Farben in derſelben Weiſe hervor, wie wenn die Polariſation durch Reflexion von einer Waſſer- oder ſpiegelnden Glasfläche erzeugt wird.

Das Polariſkop liefert folglich ein ſehr einfaches Mittel, um polariſirtes Licht von gewöhnlichem zu unterſcheiden.

---

*) Siehe den 2. Band der populären Aſtronomie, S. 90 ff.

Lange Zeit glaubte man, daß das von einem beliebigen glühenden Körper ausgehende Licht im Zuſtande des natürlichen Lichtes zum Auge gelange, ſobald es auf ſeinem Wege weder partielle Zurückwerfungen noch ſtarke Brechungen erfahren hat.

Dieſe Annahme hat ſich in gewiſſer Rückſicht als unrichtig erwieſen. Ein Mitglied der Akademie*) hat die Entdeckung gemacht, daß wenn von einem glühenden Körper im feſten oder flüſſigen Zuſtande, ſelbſt wenn ſeine Oberfläche nicht vollkommen glatt iſt, unter einem hinreichend kleinen Winkel Licht ausgeſtrahlt wird, daſſelbe deutliche Spuren der Polariſation zeigt; dergeſtalt, daß beim Durchgange durch das polariſirende Fernrohr zwei gefärbte Lichtbündel erhalten werden.

Dagegen behält das Licht, welches eine entzündete Materie von gasförmiger Beſchaffenheit verbreitet, wie z. B. die unſere Straßen und unſere Kaufläden erleuchtenden Gasflammen, beſtändig ſeinen natürlichen Zuſtand, wie auch der Emiſſionswinkel beſchaffen ſein mag.

Das geeignete Verfahren nun, um zu ermitteln, ob die Materie, welche die Sonne uns ſichtbar macht, feſt, flüſſig oder gasförmig iſt, beſteht in einer ſehr einfachen Anwendung der vorſtehenden Bemerkungen, trotz der Schwierigkeiten, welche die ungeheure Entfernung des leuchtenden Himmelskörpers der Unterſuchung in den Weg zu ſtellen ſcheint.

Die von den Rändern der Sonnenſcheibe zu uns gelangenden Strahlen ſind von der ſtrahlenden Oberfläche offenbar unter einem ſehr kleinen Winkel ausgegangen. Wenn bei directer Anſicht die Ränder der beiden Bilder, welche im Polariſkop erſcheinen, farbig ſind, ſo rührt das Licht dieſer Ränder von einem flüſſigen Körper her; denn jede Annahme, wonach die äußere Oberfläche der Sonne die eines feſten Körpers ſein ſollte, verbietet ſich ſofort durch die Beobachtung der ſchnellen Geſtaltänderungen der Sonnenflecken. Wenn dagegen die Ränder der beiden Bilder im Fernrohre ihre natürliche Weiße behalten, ſo ſind ſie nothwendigerweiſe gasförmig.**)

*) Arago.

**) Man hat bisher mit dem Polariſkope folgende glühenden Körper in Bezug

So oft die Sonne an beliebigen Tagen des Jahres direct mit Hülfe großer polarisirenden Fernröhre beobachtet worden ist, hat sich an den Rändern der beiden Bilder nie eine Spur von Färbung gezeigt. Folglich ist die leuchtende Materie, welche den scheinbaren Rand der Sonnenscheibe bildet, gasförmig, und wir können den Schluß auf die ganze Oberfläche der Sonne ausdehnen, weil die verschiedenen Punkte derselben infolge der Axendrehung nach und nach sämmtlich am Rande erscheinen.

Dieser Versuch entrückt also die Theorie, welche wir im Vorstehenden über die gasförmige Beschaffenheit der Photosphäre der

auf das Verhalten des unter verschiedenen Winkeln ausgestrahlten Lichtes untersucht: von festen Körpern geschmiedetes Eisen und Platina; von flüssigen geschmolzenes Eisen und Glas. Aus diesen Versuchen, wird man mir einwerfen, folgt zunächst nur, daß die Sonne weder aus Gußeisen noch aus geschmolzenem Glase besteht: was berechtigt dazu, die Behauptung ganz allgemein aufzustellen? Hierauf diene zur Antwort, daß zufolge der beiden einzigen Erklärungen, welche man für diese anomale Polarisation der unter sehr spitzen Winkeln ausgehenden Strahlen gegeben hat, abgesehen von der Quantität, sich Alles in gleicher Weise verhalten muß, welches auch der flüssige Körper sein mag: wofern nur die ausstrahlende Oberfläche ein merkliches Reflexionsvermögen besitzt. Nur in dem Falle würden die Phänomene der Polarisation und Farbenerscheinung vielleicht verschwinden, wo der glühende Körper in Bezug auf seine Dichtigkeit den Gasen gleichsteht, wie z. B. das fast unendlich dünne Fluidum, welches einige Geometer hypothetisch an die äußersten Grenzen unserer Atmosphäre setzen wollen. Es ist mir ferner nicht entgangen, wie der im Texte angeführte Versuch durch eine eingehende Discussion vom photometrischen Gesichtspunkte aus wesentlich an Werth gewinnen würde. Ich bin im Besitze aller Elemente für eine derartige Prüfung, doch ist hier der Ort nicht, mich weiter darüber zu verbreiten.

Einer Schwierigkeit inzwischen will ich sogleich gedenken, indem ich die Bemerkung hinzufüge, daß die von zwei flüssigen Materien ausgesandten Strahlenbündel, je nach der besonderen Beschaffenheit der leuchtenden Fluida, möglicherweise nicht identisch sind in Betreff der Anzahl und der Lage der dunkeln Frauenhofer'schen Linien, welche die Physiker in ihren prismatischen Spectren zu untersuchen haben.

Derartige Verschiedenheiten mögen durch die ungleiche Beschaffenheit der atmosphärischen Schichten beträchtlich erhöht werden, welche die Strahlen zu durchlaufen haben, bevor sie zum Auge des Beobachters gelangen.

(Die vorstehende Anmerkung ist in der öffentlichen Sitzung vom 25. October 1851 nicht mit verlesen worden.)

Sonne aufgestellt haben, aus dem Bereiche der bloßen Hypothesen. Weder in den willkürlichen Vorstellungen, an denen die glänzende Einbildungskraft der Philosophen des alten Griechenlands so fruchtbar war, noch in den auf uns gekommenen Arbeiten der berühmtesten Astronomen der alexandrinischen Schule, findet sich die geringste Andeutung, welche selbst vermöge einer gezwungenen Auslegung mit den eben dargestellten Resultaten in Beziehung gebracht werden könnte. Wir dürfen es kühn aussprechen, daß diese Resultate ganz und gar den vereinten Anstrengungen der Beobachter aus dem siebzehnten und achtzehnten Jahrhundert, so wie zum wesentlichen Theile den Forschungen jetzt lebender Astronomen zu verdanken sind.

Ich wende mich zu einer Bemerkung, von der wir bei der Untersuchung der physischen Beschaffenheit der Fixsterne bald Gebrauch zu machen Gelegenheit haben werden.

Wenn die Substanz der Photosphäre der Sonne flüssig wäre, und die vom Rande kommenden Strahlen polarisirt zu uns gelangten, so würden wir nicht allein die beiden Bilder im Polariskop farbig sehen, sondern es würden die einzelnen Punkte der Ränder verschieden gefärbt erscheinen. Wenn z. B. der höchste Punkt bei dem einen Bilde roth wäre, so würde bei dem nämlichen Bilde der entgegengesetzte Endpunkt des Durchmessers gleichfalls roth sein, während die beiden Endpunkte des horizontalen Durchmessers grün erscheinen müssen, u. s. w. Könnte man also die Strahlen, welche von allen Theilen des Sonnenrandes ausgehen, in einem einzigen Punkte vereinigen, so würde selbst nach ihrer Zerlegung im polarisirenden Fernrohre die Mischung weiß sein.

Die Beschaffenheit der Sonnenoberfläche, wie sie so eben dargestellt worden, kann ferner auch dazu dienen, um den Ursprung der nicht schwarzen, sondern leuchtenden Flecken zu erklären, welche auf der Sonnenscheibe wahrgenommen werden. Dergleichen leuchtende Flecken, welche man mit dem Namen der Sonnenfackeln bezeichnet, beobachtete zuerst Galilei; eine davon verschiedene Gattung von viel geringerer Ausdehnung und meist runder Gestalt wurde von Scheiner aufgefunden, der dieselben luculae (Lichtpunkte, Lichtadern) nannte:

letztere bewirken, daß die Oberfläche der Sonne ein punktirtes Aussehen beſitzt.

Sonderbar genug könnte ich die Entdeckung von einer der Haupturſachen der Sonnenfackeln und Lichtadern auf einen Beſuch zurückführen, welchen ich bei einer officiellen Gelegenheit in einem Modemagazin auf den Boulevards von Paris abzuſtatten hatte.

„Ich muß mich über die Gasgeſellſchaft beſchweren", ſagte der Inhaber des Ladens; „meine Waaren ſollten von der breiten Seite der Gasflammen aus beleuchtet werden, während ich durch die Nachläſſigkeit der Angeſtellten das Licht oft von der ſchmalen Seite erhalte." — „Wiſſen Sie denn gewiß", erwiederte ihm einer der Anweſenden*), „ob die Flamme in dieſer Lage weniger Licht gibt, als von der breiten Seite?" Der ausgeſprochene Zweifel konnte auf den erſten Blick unbegründet, und die Frage ſogar ungereimt erſcheinen: man ſtellte daher genaue Verſuche an, und es ergab ſich, daß dieſelbe Menge Licht auf einen Gegenſtand fällt, wenn derſelbe von der ſchmalen, als wenn er von der breiten Seite einer Flamme erleuchtet wird.

Hieraus folgte mit Nothwendigkeit der Schluß, daß die Fläche einer leuchtenden Gasmaſſe von begrenzter Ausdehnung heller ſtrahlt, wenn man ſie unter einem ſchiefen Winkel ſieht, als bei ſenkrechter Anſicht. Wenn folglich auf der Oberfläche der Sonne Undulationen entſtehen analog denen, welche unſere Atmoſphäre bei der Bildung der Wolken zeigt, die wir Schäfchen nennen, ſo müſſen diejenigen Stellen jener Undulationen, welche von dem Beobachter ſenkrecht geſehen werden, vergleichungsweiſe ſchwächer erſcheinen, während die gegen die Geſichtslinie geneigten Stellen heller glänzen; jede coniſche Vertiefung muß den Anblick eines Lichtpunktes darbieten. Es iſt alſo zur Erklärung der Erſcheinungen nicht mehr erforderlich anzunehmen, daß ſich auf der Sonnenſcheibe Tauſende von Lichtquellen befinden, welche ſtärker leuchten als die übrigen Theile der Oberfläche, oder Tauſende von Punkten, die ſich durch eine geſteigerte Anhäufung der Lichtmaterie vor den umliegenden Stellen auszeichnen.

Nachdem wir uns überzeugt haben, daß die Sonne aus einem

*) Arago.

dunkeln Centralkörper, aus einer reflectirenden Wolkenhülle, und aus einer Photosphäre besteht, so liegt die Frage nahe, ob auf die Photosphäre Nichts weiter folgt, ob sie plötzlich aufhört, ohne von einer an sich wenig leuchtenden, oder schwach reflectirenden, gasförmigen Atmosphäre umgeben zu sein. Diese dritte Atmosphäre würde für gewöhnlich in dem Lichtoceane verschwinden, der die Sonne stets zu umgeben scheint, und durch die Reflexion ihrer eigenen Strahlen an den Theilchen unserer irdischen Atmosphäre erzeugt wird.

Ein Mittel diese Frage zu entscheiden, bot sich in der Benutzung des Augenblickes, wo im Verlaufe einer totalen Finsterniß der Mond die Sonnenscheibe gänzlich verdeckt.

Fast in demselben Momente, wo die letzten von den Rändern der leuchtenden Sonnenscheibe ausgehenden Strahlen hinter dem undurchsichtigen Mondkörper wie hinter einem Vorhange verschwinden, hört die Erleuchtung derjenigen Theile unserer Atmosphäre auf, welche in der Verbindungslinie von Mond und Sonne und in den benachbarten Richtungen sich befinden.

Die Erforschung der alsdann eintretenden Erscheinungen bildete das Hauptziel für die Astronomen, welche im Jahre 1842 sich nach dem Süden von Frankreich, nach Italien, Deutschland, Rußland an Orte begaben, wo die am 8. Juli eintretende Sonnenfinsterniß total war.

Bei jeder Art wissenschaftlicher Untersuchungen hat man sich darauf gefaßt zu machen, Anderes zu finden, als was man suchte: so waren auch hier die Beobachter nicht wenig überrascht, als sie nach dem Verschwinden der letzten directen Sonnenstrahlen hinter dem Mondrande, mit dem Wegfallen des durch die umgebenden Theile der Erdatmosphäre reflectirten Lichtes, mehrere rosenrothe Hervorragungen oder Protuberanzen von 2 bis 3 Minuten Höhe erblickten, die am Rande unseres Satelliten so zu sagen hervorzuschießen schienen.

Je nach der besonderen Ideenrichtung der verschiedenen Astronomen bildete sich Jeder eine eigene Vorstellung von der Ursache dieser Erscheinung. Manche schrieben sie den Mondbergen zu, eine Hypothese, welche jedoch nicht die mindeste Prüfung aushielt; Andere wollten Wirkungen einer Diffraction oder Refraction der Sonnenstrahlen

darin erblicken. Aber die Rechnung bildet den wahren Prüfstein jeder Theorie, und den eben erwähnten Erklärungsversuchen blieb der Mangel, bei der Anwendung auf die fraglichen Phänomene jeder Bestimmtheit zu entbehren. Hypothesen, welche weder von der Höhe, noch von der Gestalt, der Farbe, der Unveränderlichkeit einer Erscheinung Rechenschaft zu geben vermögen, darf in der Wissenschaft kein Platz eingeräumt werden.

Ein fernerer, eine Zeitlang mit Beifall begrüßter Gedanke war, in den Protuberanzen von 1842 Berge auf der Sonne zu erblicken, deren Gipfel über die im Augenblicke der Beobachtung durch den Mond verdeckte Photosphäre hervorragen sollten.

Nach den mäßigsten Schätzungen würde die Erhebung eines solchen Gipfels über der Sonnenoberfläche zehntausend geogr. Meilen betragen haben. Ich weiß sehr wohl, daß das Außerordentliche einer solchen Höhe keinen genügenden Grund für die Zurückweisung der ganzen Hypothese geben dürfte; allein sehr unwahrscheinlich wurde sie infolge der Bemerkung, daß diese vorgeblichen Berge zum Theil beträchtliche Ueberhänge zeigten, welche vermöge der Anziehung des Sonnenkörpers nothwendigerweise hätten zusammenstürzen müssen.

Wenden wir uns zur kurzen Betrachtung einer vierten Hypothese, der zufolge die beobachteten Protuberanzen als zur Sonne gehörige, in einer gasförmigen Atmosphäre schwimmende Wolken anzusehen sind.

In diesem Falle dürfte kein physikalisches Princip der Annahme entgegen stehen, daß Wolkenmassen von 12 bis 15000 Meilen Länge, mit scharfen Contouren und unter den seltsamsten Gestalten auf der Sonne vorhanden seien. Nur würde man bei weiterer Ueberlegung sich mit Recht zu verwundern haben, wenn es niemals gelingen sollte, eine solche Wolke ganz losgelöst vom Mondrande zu beobachten.

Einen derartigen Fall womöglich zu constatiren, müßte also wesentlich im Interesse der Astronomen liegen.

Denn da ein Berg nicht ohne Basis bestehen kann, so müßte die gelegentliche Beobachtung einer dem Anscheine nach vom Mondrande, und folglich in der Wirklichkeit von der Grenze der Sonnenphotosphäre

getrennten Protuberanz ausreichen, um die auf das Vorhandenſein der Sonnenberge ſich ſtützende Hypotheſe über den Haufen zu werfen.

Allein wohl zu merken geht es mit den aſtronomiſchen Beobachtungen nicht wie mit den Unterſuchungen der Chemiker und der Phyſiker, in deren Gewalt es ſteht, die Bedingungen, unter denen ſie arbeiten, nach ihrem Belieben in der geeigneten Weiſe zu variiren, um die Natur ihrer Reſultate zu verändern. Die Aſtronomen hingegen üben keine Einwirkung auf die Erſcheinungen, welche ſie unterſuchen, und ſehen ſich zuweilen Jahrhunderte lang zu warten genöthigt, bis die Geſtirne ſich ihnen gerade in der günſtigen Lage zeigen, um eine Schwierigkeit zu löſen.

Im vorliegenden Falle gelang es ſchon im verfloſſenen Jahre, die durch die Beobachtungen von 1842 angeregten Zweifel einer neuen experimentellen Prüfung zu unterwerfen. Am 8. Auguſt 1850 ſtand eine Sonnenfinſterniß bevor, welche für die Sandwichinſeln total war.

Der Commandant unſerer Station zu Taïti, der Schiffskapitän Bonnard, hatte den glücklichen Gedanken, den Straßenbauconducteur Kutczycki von der Inſel Taïti nach Honolulu, dem Hauptorte vom Sandwicharchipel zu ſenden.

In dem Berichte dieſes geſchickten Beobachters *) finden wir die folgende Stelle: „Der feine roſenrothe Streifen in der Nähe der nördlichen Protuberanz erſchien vom Mondrande völlig getrennt.“

Später haben bei der Sonnenfinſterniß vom 28. Juli 1851 die zu Danzig beobachtenden Herren Mauvais und Goujon, ſowie ſehr berühmte Aſtronomen des Auslands, welche ſich nach verſchiedenen Punkten von Norwegen, Schweden und dem nördlichen Deutſchland begeben hatten, an allen Stationen übereinſtimmend einen gleichfalls röthlichen Flecken wahrgenommen, der mit dem Mondrande nicht in Zuſammenhang ſtand.

Die Beobachtung von Hrn. Kutczycki, nebſt den gleichlautenden aus dem Jahre 1851 beſeitigen definitiv jede Erklärung der Protuberanzen, welche ſich auf die Annahme von Sonnenbergen gründet, deren Gipfel über die Photoſphäre beträchtlich hervorragen ſollen.

*) Siehe weiter unten den Aufſatz über die Finſterniſſe.

Sobald der strenge Beweis geführt ist, daß diese leuchtenden Phänomene nicht als Wirkung einer Reflexion angesehen werden können, welche die Sonnenstrahlen bei ihrem Vorübergange vor den den Mondrand begrenzenden Unebenheiten erfahren; sobald überhaupt dargethan wird, daß diese rosenfarbenen Hervorragungen nicht auf einfache optische Erscheinungen zurückzuführen sind, sondern eine reelle Existenz besitzen und wirkliche Sonnenwolken darstellen: so folgt daraus die Nothwendigkeit, eine neue Atmosphäre zu den beiden bereits besprochenen hinzuzufügen, denn im leeren Raume vermögen sich keine Wolken zu erhalten.*)

Ein Jeder kann sich jetzt in Betreff der Ungewißheit, welche über einen sehr speciellen Punkt der physischen Beschaffenheit der Sonne übrig bleibt, ein Urtheil bilden. Zieht man in Betracht, daß die

*) Wenn solche Wolken sich im leeren Raume erhalten sollten, so müßte die aus ihrer Umdrehungsbewegung um die Sonne entspringende Centrifugalkraft in jedem Augenblicke der Schwerkraft gleich sein, mit welcher sie gegen die Sonne zu stürzen streben. Dadurch würden sie wahren Planeten vergleichbar, die ihren Umlauf um die Sonne mit ungemeiner Schnelligkeit zurückzulegen hätten. Hierin besteht im Wesentlichen die von Hrn. Babinet vorgeschlagene Erklärung für die 1842 beobachteten Protuberanzen, die in der Akademie der Wissenschaften am 16. Febr. 1846 vorgetragen wurde.

Der Leser wird in der Abhandlung des gelehrten Akademikers die geistvollen Betrachtungen finden, auf welche sich diese Theorie stützt, und die Erörterung ihres Verhältnisses zu dem kosmogonischen Systeme von Laplace. Ich glaube, daß jetzt, wo so genaue Beobachtungen der Erscheinung vorliegen, Hr. Babinet selbst mehr als eine Schwierigkeit einräumen wird, um die ungeheure Geschwindigkeit, die er für die Materie der Protuberanzen in Anspruch zu nehmen genöthigt ist, mit der relativen Unbeweglichkeit der im Jahre 1851 beobachteten Protuberanzen und der Höhenänderung, welche sie gezeigt haben, in Einklang zu bringen. Diese Schwierigkeiten verschwinden, wenn man jene Hervorragungen als Wolken ansieht, die in einer Sonnenatmosphäre von mäßiger Rotationsgeschwindigkeit schwimmen.

Ich muß übrigens die Bemerkung hinzufügen, daß die Existenz dieser dritten Atmosphäre durch Phänomene von ganz anderer Beschaffenheit bestätigt wird, ich meine durch die verschiedene Lichtintensität am Rande und in der Mitte der Sonnenscheibe, so wie in gewisser Rücksicht auch durch das Zodiakallicht, welches sich in unseren Klimaten um die Zeit der Tag- und Nachtgleichen sehr deutlich zeigt. Jedoch würde die Betrachtung der Frage von diesem Gesichtspunkte aus Erörterungen erfordern, auf welche ich mich hier nicht einlassen kann.

Phänomene, die zur Beseitigung aller Zweifel als geeignet erscheinen, für gewöhnlich unsichtbar sind, und nur während einer totalen Sonnenfinsterniß wahrgenommen werden können, daß ferner die totalen Sonnenfinsternisse nicht häufig vorkommen, und seit Erfindung der Fernröhre die Astronomen von Europa und Amerika kaum sechs in erfolgreicher Weise zu beobachten Gelegenheit gefunden haben: so wird billigerweise Niemand erstaunt sein, daß in der Mitte des neunzehnten Jahrhunderts die durch die Erscheinung der so viel besprochenen mysteriösen rothen Flecken oder Flammen angeregte Frage noch nicht zur völligen Entscheidung gekommen ist.

Nach diesen Erörterungen, deren Länge man mir verzeihen möge, erlaube ich mir einige Worte über die Reihe von Messungen und Schlüssen, durch welche es der Wissenschaft gelungen ist, unserer Sonne ihren wahren Platz in der Gesammtheit des Weltalls anzuweisen.

Der letzte Philosoph der ionischen Schule, Archelaus, 448 Jahre vor Christi Geburt, sagte von unserem Centralkörper: die Sonne ist ein Stern, von allen anderen Sternen nur durch ihre Größe unterschieden. Diese Conjectur — denn was weder auf Messung, noch auf Beobachtung beruht, kann nicht anders bezeichnet werden — war sicherlich sehr kühn und sehr schön. Ueberspringen wir einen Zeitraum von mehr als zweitausend Jahren, so finden wir die Beziehungen zwischen der Sonne und den übrigen Sternen des Firmaments durch die Arbeiten der neueren Zeit auf Grundlagen festgestellt, die für jede Kritik unantastbar sind.

Seit nunmehr beinahe anderthalb Jahrhunderten beschäftigen sich die Astronomen mit dem Versuche, den Abstand der Fixsterne von der Erde zu bestimmen; wiederholtes Mißlingen schien an die Unlösbarkeit der Aufgabe glauben zu lassen. Doch wo gibt es ein Hinderniß, über welches das Genie, im Verein mit der Ausdauer nicht zu triumphiren vermöchte. Erst seit sehr wenigen Jahren kennen wir die Entfernung unseres Planetensystems von den nächsten Fixsternen: sie beträgt etwa das 206000fache der Entfernung der Sonne von der Erde, d. h. also mehr als 206000mal zwanzig Millionen Meilen. Das Product von 206000 in 20,000000 liegt zu weit außerhalb der

Grenzen der Zahlen, an deren Betrachtung wir gewöhnt sind, als daß es einen Nutzen haben könnte, dasselbe in Ziffern anzugeben.

Mehr wird die Größe jener Entfernung in Erstaunen setzen, wenn ich sie auf die Geschwindigkeit des Lichtes beziehe. Der Stern α im Centauren gilt als der der Erde nächste Fixstern, wenn es überhaupt gestattet ist, da von Nähe zu reden, wo es sich um Entfernungen wie die folgenden handelt.

Das Licht von α Centauri braucht mehr als drei Jahre, um bis zu uns zu gelangen, dergestalt, daß wenn dieser Stern plötzlich der Vernichtung verfallen sollte, wir ihn noch drei Jahre nach seinem Untergange erblicken würden. Erinnert man sich nun, daß das Licht 40000 Meilen in jeder Secunde durchläuft, daß der Tag aus 86400 Secunden, und das Jahr aus 365 Tagen besteht, so bleibt unsere Einbildungskraft wie niedergeschmettert vor der Unermeßlichkeit dieser Zahlen. Denken wir uns, von diesen Angaben ausgehend, die Sonne in eine Ferne entrückt so weit als jener uns am nächsten stehende Fixstern, so wird die große runde Scheibe, die sich jeden Morgen allmälich mit Majestät über dem Horizonte erhebt, und am Abend eine beträchtliche Zeit gebraucht, um ganz und gar unter derselben Ebene zu verschwinden, nur noch unmerkliche, selbst für die stärksten Fernröhre unmeßbare Dimensionen besitzen, und ihr Glanz auf den eines Sternes dritter Größe herabsinken. Sie sehen, meine Herren, was aus der Conjectur des Archelaus geworden ist.

Vielleicht fühlt man sich gedemüthigt einem Resultate gegenüber, das unseren Platz in der materiellen Welt auf ein solches Minimum reducirt; bedenkt man jedoch, daß jenes Resultat vom Menschen ganz aus sich selbst, durch eigene Arbeit gewonnen worden ist, so kann man ihm in der Welt der Ideen den höchsten Rang nicht streitig machen. Die astronomischen Forschungen dürften also wohl geeignet sein, um von unserer Seite ein wenig Eitelkeit entschuldbar zu machen.

Leider ist es mir nicht gestattet, die neueren Astronomen auf ihrer unsterblichen Wanderung durch die Menge der am Firmamente glänzenden Sonnen zu begleiten!

Wir würden zuerst sehen, wie sie mit Hülfe ihrer vollkommenen Instrumente die relativen Stellungen dieser Gestirne fixirt, und über

hunderttausend definitiv katalogisirt haben; man weiß, daß der ältere Plinius sein Erstaunen aussprach, daß Hipparch 1026 Fixsterne zu beobachten versucht, und diese Arbeit mit der eines Gottes verglich.

Wir würden ferner in neueren Werken vollständigen Aufzählungen begegnen, die uns zeigen können, daß die Anzahl der mit unbewaffnetem Auge wahrnehmbaren Sterne auf einer einzigen Hemisphäre, am nördlichen Himmel, noch nicht dreitausend beträgt. Diese Zahl ist sicher, und wird durch ihre Kleinheit gleichwohl Viele überraschen, welche in schönen Winternächten das Heer der Sterne am Firmamente nicht zu schätzen gewagt.

Dies Erstaunen wird im umgekehrten Sinne eintreten, wenn wir uns zu den teleskopischen Sternen wenden. Setzt man diesmal die Zählung bis zu den Sternen der vierzehnten Größe fort, den kleinsten, die durch unsere mächtigsten Fernröhre sichtbar sind, so ergibt sich durch eine Schätzung, welche nur eine untere Grenze liefert, eine Zahl von mehr als 40 Millionen (vierzig Millionen Sonnen!), und der Abstand der entferntesten unter ihnen ist so beschaffen, daß das Licht drei- bis viertausend Jahre gebraucht, um diesen Raum zu durchlaufen.

Wir dürfen also mit vollem Rechte aussprechen, daß die Lichtstrahlen, diese raschesten aller Couriere, uns, wenn der Ausdruck gestattet ist, die uralte Geschichte dieser entfernten Welten zutragen.

Eine photometrische Messung, deren erste Andeutungen im Kosmotheoros von Huyghens sich finden, und deren Ausführung Wollaston kurze Zeit vor seinem Tode wieder aufgenommen hat, lehrt uns, daß 20000 Millionen Sterne gleich dem Sirius, dem glänzendsten unter den Sternen des Firmaments, erforderlich sein würden, um durch ihre gemeinsame Wirkung auf unserer Erde ebensoviel Licht zu verbreiten, wie die Sonne.

Dem durchdringenden Genie eines William Herschel verdanken wir ungeahnte Aufschlüsse über gewisse Sterne, die sich fast zu berühren scheinen, und der große Astronom hat bewiesen, daß solche Doppelsterne nicht etwa blos durch eine Wirkung der Perspective einander nahe zu stehen scheinen, sondern daß eine gegenseitige Abhängigkeit unter ihnen obwaltet, und sie um ihren gemeinschaftlichen Schwer-

punkt in Zeiträumen von verhältnißmäßig kurzer Dauer ſich bewegen, welche in gewiſſen Fällen bereits näher haben beſtimmt werden können.

Da wie die Beobachtung zeigt, die Farben der zuſammengehörigen Doppelſterne häufig ſehr verſchieden ſind, ſo liegt es nahe, an die Bewohner der dunkeln und mit einer Axendrehung begabten planetariſchen Körper zu denken, welche aller Vermuthung nach ſich um dieſe Sonnen bewegen, und wir dürfen uns nicht ohne begründete Beſorgniß in Betreff der Werke der Maler auf jenen entfernten Welten die Bemerkung erlauben, daß dort auf einen von rothem Lichte erleuchteten Tag, nicht ſowohl eine Nacht, als vielmehr ein ebenſo heller Tag, nur von grünem Lichte erleuchtet, folgt.

Die Vergleichung der Poſitionen der zu verſchiedenen Zeiten beſtimmten Sterne wird uns ferner lehren, daß die Benennung Firſterne eine ſehr uneigentliche iſt, inſofern ſich dieſelben nach den verſchiedenſten Richtungen im Raume bewegen, ſo daß auf die Länge der Zeit die gegenwärtige Geſtalt der Sternbilder ſich vollſtändig ändern muß; daß die abſoluten Geſchwindigkeiten dieſer Sterne ungleich ſind, und daß z. B. ein Firſtern, deſſen Bewegung mit voller Sicherheit hat ermittelt werden können, 10 Meilen in der Secunde zurücklegt; endlich daß auch unſere Sonne, vergleichbar hierin mit allen übrigen Sternen, nicht unbeweglich verharrt, und auf ihrem Laufe das ganze Gefolge der ſie umgebenden Planeten mit ſich fortführt.

Nicht minder bemerkenswerth iſt die ungleiche Vertheilung der Sterne an der Himmelskugel. An gewiſſen Stellen ſind auf einem Raume ſo groß als der zehnte Theil der ſcheinbaren Mondoberfläche deren mehr als 20000 zu erblicken, während wir anderswo auf gleicher Fläche, ſelbſt in unſeren beſten Fernröhren, nicht einen einzigen leuchtenden Punkt wahrzunehmen vermögen.

Gern würden wir einen aufmerkſamen Blick auf die im unendlichen Himmelsraume zerſtreute Lichtmaterie werfen, die durch ihre Jahrtauſende hindurch fortgeſetzte Zuſammenhäufung neuen Sternen den Urſprung geben zu ſollen ſcheint; wir würden uns der großartigen Ideen von Wright, Kant, Lambert und William Herſchel über die Conſtitution der Milchſtraße und über ihre Dimenſionen erinnern. Endlich, wenige Schritte weiter auf dem Gebiete der Conjectural-

astronomie, d. h. in dem Theile der Wissenschaft, der allein auf Schlüsse der Analogie, auf naturgemäße Verallgemeinerungen und sich aufdrängende Wahrscheinlichkeiten gegründet ist, würden uns Phänomene enthüllen, welche durch ihre Natur oder durch die Unermeßlichkeit der ihnen zu Grunde liegenden Zahlenverhältnisse, den nüchternsten Geist in eine Art Schwindel versetzen müssen.

Doch zwingen uns Zeit und Raum, der Ausführung dieser Speculationen, wie bewundernswürdig sie auch sein mögen, zu entsagen, um zu dem Hauptproblem zurückzukehren, dessen Besprechung ich mir in diesem Aufsatze vorgenommen habe, ich meine den Versuch, wo möglich einen Zusammenhang zwischen der physischen Beschaffenheit der Fixsterne und unserer Sonne zu ermitteln.

Mit Hülfe des polarisirenden Fernrohrs ist uns die Bestimmung der Natur der Materie gelungen, aus welcher die Photosphäre der Sonne besteht, weil infolge des großen scheinbaren Durchmessers ihrer Scheibe die Möglichkeit gegeben war, die verschiedenen Punkte ihres Umfangs getrennt zu beobachten. Wenn hingegen die Sonne sich von uns so weit entfernte, daß ihr scheinbarer Durchmesser unmeßbar klein wäre, wie bei den Fixsternen, so würde jene Methode ihre Anwendbarkeit verlieren: die von den verschiedenen Punkten des Umfangs kommenden Strahlen würden sich durchaus untereinander vermischen, und als Gesammtresultat, wie bereits oben gesagt, Weiß ergeben.

Es scheint demnach, als müßte man darauf verzichten, das Verfahren, welches bei Betrachtung der Sonne so gut zum Ziele führte, auf Sterne ohne merkliche Dimensionen anzuwenden; dennoch sind einige darunter, über deren Natur die nämliche Untersuchungsmethode Aufschluß zu geben geeignet ist: ich meine die sogenannten veränderlichen Sterne.

Die Astronomen haben Fixsterne aufgefunden, deren Größe oder Glanz beträchtlichen Aenderungen unterworfen ist; gewisse unter ihnen sinken in einem Zeitraume weniger Stunden von der zweiten zur vierten Größe herab, während bei anderen die Intensitätsänderung noch weit auffallender hervortritt. Solche zu manchen Zeiten sehr hellen Sterne verschwinden gänzlich, um dann in mehr oder minder

langen, und zuweilen mit gewiſſen Unregelmäßigkeiten behafteten Perioden von Neuem wieder zu erſcheinen.

Zur Erklärung dieſer merkwürdigen Erſcheinung bieten ſich zwei Wege dar: man kann z. B. annehmen, daß der Stern nicht an allen Punkten ſeiner Oberfläche gleich leuchtend ſei und eine Umdrehungsbewegung um ſich ſelbſt beſitze; alsdann wird er hell glänzen, ſo lange ſeine leuchtende Seite der Erde zugekehrt iſt, und dagegen an Größe abnehmen, während die dunkeln Theile ſeiner Oberfläche in dieſelbe Lage kommen.

Die zweite Erklärung beruht auf der Annahme eines dunkeln, kein eigenes Licht beſitzenden Begleiters, der bei ſeinem Umlaufe um den Hauptſtern denſelben periodiſch verfinſtern ſoll.

Mag man nun die eine oder die andere Hypotheſe zu Grunde legen, in beiden Fällen geht das Licht, welches einige Zeit vor dem Verſchwinden oder nach dem Wiedererſcheinen des Sterns zu uns gelangt, nicht von allen Punkten ſeines Umfangs aus, dergeſtalt daß von einer vollſtändigen Neutraliſation der vorhin erwähnten Farben nicht mehr die Rede ſein kann.

Wenn ein veränderlicher Stern bei der Prüfung durch das polariſirende Fernrohr trotzdem in allen ſeinen Phaſen vollkommen weiß bleibt, ſo kann man den Schluß ziehen, daß ſein Licht von einer unſeren Wolken oder unſeren Gasflammen vergleichbaren Materie herrührt.

Damit ſtimmt allerdings das Reſultat der kleinen Zahl von Beobachtungen, welche ſich bisher haben anſtellen laſſen, und deren Vervollſtändigung ſehr wünſchenswerth iſt, überein. Die nämliche Methode erfordert zwar größere Sorgfalt, führt aber gleichfalls zum Ziele bei der Unterſuchung des Lichtes ſolcher Sterne, die in ihrem Glanze nur eine theilweiſe Variation erleiden.

Die Folgerung, zu welcher dieſe Beobachtungen führen, und die man, glaube ich, unbedenklich verallgemeinern darf, läßt ſich in folgenden Worten ausſprechen: Unſere Sonne iſt ein Fixſtern, und in ihrer phyſiſchen Beſchaffenheit von den Millionen Sonnen, die das Firmament bedecken, nicht verſchieden.

Innerhalb der mir vorgezeichneten Grenzen habe ich mich bemüht, eine ſkizzirte Darſtellung alles deſſen zu entwerfen, was wir heutzutage in Betreff des Inhaltes, der Entfernung und der phyſiſchen Beſchaffenheit der ungeheuern Kugel wiſſen, von der wir Licht und Wärme empfangen. Dieſe Skizze mag in ihrem beſchränkten Umfange genügen, um diejenigen zu enttäuſchen, welche die Wichtigkeit und die Sicherheit der von den neueren Beobachtern erhaltenen Reſultate meinen in Frage ſtellen zu können. Sie werden, wollen ſie ſonſt aufrichtig ſein, anerkennen müſſen, daß in der Geſchichte des Fortſchrittes unſerer Kenntniſſe, ein Fortſchritt, dem ohne Zweifel keine Grenzen geſteckt ſind, die Arbeiten der Aſtronomen des neunzehnten Jahrhunderts nicht unbemerkt vorübergehen werden. Kritiken endlich, die einen anderen Urſprung hätten als die Liebe zur Wahrheit, würden die Aufmerkſamkeit dieſer Verſammlung nicht einen Augenblick in Anſpruch zu nehmen verdienen, und ich ſelbſt denke, daß ich mich über ſie hinwegſetzen könnte.

Ueber Finsterniſſe,

insbeſondere über die totale Sonnenfinſterniß vom 8. Juli 1842.

Erſtes Kapitel.

Einleitung.

Einige Zeit vor der totalen Sonnenfinſterniß vom 8. Juli 1842 veröffentlichte ich in den Sitzungsberichten der Akademie der Wiſſenſchaften, im Annuaire des Längenbureau und in den Annalen für Chemie und Phyſik einen Aufſatz, worin ich diejenigen näheren Umſtände der zu erwartenden Conjunction der Sonne und des Mondes darlegte, welche nach meiner Meinung die Aufmerkſamkeit der Aſtronomen vorzugsweiſe in Anſpruch zu nehmen geeignet waren. Zugleich gedachte ich der hauptſächlichſten Probleme aus der Phyſik des Himmels, deren Löſung mit Beobachtungen und Meſſungen, die nur während einer Sonnenfinſterniß angeſtellt werden können, im Zuſammenhang ſteht. Später, im Jahre 1846, theilte ich den einzelnen Artikeln des von mir aufgeſtellten Programmes entſprechend, die Reſultate mit, welche die Beobachtungen zu ziehen geſtattet hatten. Hierzu fügte ich noch die Angabe verſchiedener unvorhergeſehener Fragen, die infolge der wunderbaren Erſcheinung von 1842 in den Vordergrund getreten waren. Denn in der intellectuellen, wie in der phyſiſchen Welt, kann man keinen Schritt vorwärts thun,

ohne einen neuen Horizont zu entdecken. So hat die totale Finſterniß vom 8. Juli 1842 ihrerſeits wiederum zu neuen Beobachtungen Anlaß gegeben, welche zur Ausdehnung unſerer Kenntniſſe über die phyſiſche Conſtitution des Licht und Wärme ſpendenden Centralkörpers unſeres Planetenſyſtems weſentlich beigetragen haben. Die für die Wiſſenſchaft gewonnenen Thatſachen finden ſich in meiner populären Aſtronomie, in dem Buche über Finſterniſſe und Sternbedeckungen*) überſichtlich zuſammengeſtellt. In Folgendem beabſichtige ich alle diejenigen Einzelnheiten mitzutheilen, welche in einem Lehrbuche nicht wohl am Orte waren. Ich werde dabei meine urſprüngliche Redaction beibehalten, und nur diejenigen Stellen in der gegenwärtigen Schrift nicht wiederholen, welche in meinen früheren Aufſätzen verſchiedenen Kapiteln der populären Aſtronomie entlehnt waren, und in letzterem Werke ihren Platz gefunden haben.

Zweites Kapitel.

Definitionen.

Die Sonnenfinſterniſſe treten nur zur Zeit des Neumonds ein; denn nur an dieſem Tage kann unſer Satellit zwiſchen die Erde und die Sonne treten, und dadurch einen größeren oder geringeren Theil der Oberfläche des leuchtenden Geſtirnes unſeren Augen entziehen.

Wenn im Augenblick der größten Phaſe einer Sonnenfinſterniß der Mond nur einen begrenzten Theil der Sonnenſcheibe zu verdecken ſcheint, ſo heißt die Finſterniß eine partiale;

wenn während des erwähnten Maximums die Sonne hinter dem Monde vollkommen verſchwindet, ſo nennt man die Finſterniß total;

wenn endlich im Verlaufe einer Finſterniß der Fall eintritt, daß der Mond ſich ganz auf die Sonne projicirt, ohne ſie dabei völlig zu verdecken, dergeſtalt daß die Sonnenſcheibe in der Mitte unſichtbar, aber am Rande frei erſcheint, alſo den Anblick eines leuchtenden Ringes

*) Das zweiundzwanzigſte Buch des dritten Bandes der populären Aſtronomie.

als Einfassung einer schwarzen Scheibe darbietet, so ist die Finsterniß ringförmig.*)

Da Mond und Sonne von der Erde nicht gleich weit entfernt sind, so erblicken Beobachter in verschiedenen Stellungen auf der Erdoberfläche die Scheiben der beiden Gestirne nicht an denselben Punkten des Himmels. Hierin liegt die Ursache, weshalb eine Finsterniß total sein kann für gewisse Orte und nur partial für andere, oder weshalb z. B. Paris zuweilen keine Spur einer partialen Sonnenfinsterniß sieht, die in Toulouse sichtbar ist, und umgekehrt.

Damit eine Finsterniß total sein könne, müssen zur Zeit des Phänomens die beiden nach den Endpunkten eines Monddurchmessers gezogenen Gesichtslinien einen größeren Winkel einschließen, als die Richtungen nach den beiden Enden eines Sonnendurchmessers; mit anderen Worten, es muß der Monddurchmesser einem größeren Gesichtswinkel entsprechen, als der Sonnendurchmesser. Aber weder der eine noch der andere Werth sind constant, weil die Größe des Gesichtswinkels von der Entfernung abhängt, und die Abstände der beiden Himmelskörper von der Erde beträchtlichen Aenderungen unterworfen sind. Daher kommt es, daß bald der eine bald der andere der beiden Durchmesser größer erscheint. Wenn der Augenblick des Neumondes mit dem Augenblicke zusammenfällt, wo sein Durchmesser unter dem kleinstmöglichen Gesichtswinkel erscheint — was das Maximum der Entfernung von der Erde, d. h. das Apogäum voraussetzt, — so kann unter keinen Umständen eine eintretende Sonnenfinsterniß, falls sie überhaupt central ist, anders als ringförmig sein. Hat dagegen im

*) Die Bemerkung ist nicht überflüssig, daß bei gewissen, allerdings sehr seltenen Gelegenheiten eine und dieselbe Sonnenfinsterniß total an einem Orte und ringförmig für einen anderen sein kann. Dieser Fall tritt ein, wenn die scheinbaren Durchmesser der Sonne und des Mondes fast gleich sind. Da nämlich der Mond nicht von allen Punkten der Erdoberfläche gleich weit entfernt ist, und diese Unterschiede im Vergleiche mit der absoluten Entfernung nicht verschwindend klein sind, so geht daraus hervor, daß an gewissen Punkten der Mond größer als die Sonne erscheinen kann, und an anderen umgekehrt kleiner. Dieselbe Wirkung kann die Folge einer raschen Bewegung des Mondes gegen sein Apogäum oder sein Perigäum sein.

Momente der Conjunction der Monddurchmeſſer ſeinen größten Werth, (wobei der Mond im Perigäum ſteht oder ſeinen geringſten Abſtand von der Erde hat), ſo tritt unter günſtigen Umſtänden die totale Verfinſterung der Sonnenſcheibe ein.

Vorſtehende Sätze enthalten Alles, was zu wiſſen nöthig iſt, um einzuſehen, weshalb in dem einen Falle eine Finſterniß total, in einem anderen dagegen im Maximum nur ringförmig iſt, oder weshalb z. B. die nämliche Finſterniß total im ſüdlichen Frankreich und nur partial in Paris erſcheinen kann.

Mit Hülfe der Sonnen- und Mondtafeln kann man mit Sicherheit im Voraus berechnen, wie viele Finſterniſſe in einem gegebenen Jahr ſtattfinden werden, und welches ihre Beſchaffenheit ſein muß. So war ich vor der Sonnenfinſterniß von 1842 im Stande, eine Tafel der hauptſächlichſten numeriſchen Werthe für die verſchiedenen Umſtände der zu erwartenden Finſterniß nach der Berechnung meines geehrten Collegen Largeteau mitzutheilen, zugleich nebſt einer die Bahn des Mondſchattens auf der Erdoberfläche graphiſch darſtellenden Figur.

Um zu zeigen, mit welcher Genauigkeit unſere Tafeln jetzt dergleichen Vorausberechnungen auszuführen geſtatten, laſſe ich die erwähnte Tafel nebſt Karte hier wieder abdrucken. (Fig. 3, S. 128.)

Gegenwärtig laſſen ſich Bruchtheile von Minuten bei der Vorausberechnung derartiger Erſcheinungen verbürgen. In den erſten Jahren des achtzehnten Jahrhunderts beſaß man noch keine ſo vollkommenen Methoden, ſo daß z. B. der Anfang oder das Ende einer Finſterniß zehn bis zwölf Minuten in Zeit von dem nach den Tafeln Lahire's berechneten Reſultate abwich.

Vorausberechnung der hauptſächlichſten Umſtände der im ſüdlichen Frankreich ſichtbaren totalen Sonnenfinſterniß, am Morgen des 8. Juli 1842.

	Aufgang d. Sonne.	Anfang d. Finſterniß.	Beginn der totalen Verfinſterung.	Ende der totalen Verfinſterung.	Ende der Finſterniß.	Kleinſter Abſtand d. Mittelpunkte.
Perpignan	$4^h\ 31^m$	$4^h\ 53^m\ 21^s$	$5^h\ 46^m\ 14^s$	$5^h\ 48^m\ 28^s$	$6^h\ 45^m\ 47^s$	1,8″
Montpellier	4 28	4 57 53	5 51 20	5 53 12	6 51 6	21,5
Marſeille	4 29	5 3 4	5 56 50	5 58 50	6 57 12	18,5
Digne	4 26	5 7 12	6 1 8	6 3 28	7 2 3	1,4

Die hier gegebenen Werthe sind in mittlerer Zeit ausgedrückt, gezählt von Mitternacht und auf den unteren Meridian jeder der correspondirenden Städte bezogen. Wollte man dieselben Daten in wahrer Zeit ausdrücken, so müßte man die in der vorstehenden Tafel enthaltenen Epochen um $4^m\ 34^s$ verkleinern.

Die erste Berührung der Mondscheibe sollte auf der Westseite unter 41^0 Abstand vom oberen Ende des verticalen Sonnendurchmessers stattfinden.

Drittes Kapitel.

Von der leuchtenden Corona, welche den Mond während der totalen Verfinsterung der Sonne umgibt.

Man findet keine nur einigermaßen sorgfältige Beschreibung einer totalen Sonnenfinsterniß, in welcher nicht eines leuchtenden Strahlenkranzes Erwähnung geschieht, der den Mond nach dem vollständigen Verschwinden der Sonnenscheibe zu umgeben und zur Milderung der eintretenden Dunkelheit beizutragen schien.

Ich weiß nicht, ob eine solche Corona die Ursache der Dämmerungshelle gewesen, deren in den Berichten über die totale Finsterniß des Jahres 98 gedacht wird. Plutarch sagt: „bei den Finsternissen läßt der Mond einen Theil der Sonne ringsum hervorragen, wodurch die Dunkelheit vermindert wird.“ Die letzten Worte lassen schließen, daß Plutarch vielmehr die totalen, als die ringförmigen Verfinsterungen im Auge hatte, da bei den letzteren überhaupt nur von einer Schwächung des Lichtes die Rede sein könnte.

Ungeschickte Beobachter hatten die Sonnenfinsterniß vom Jahre 1567 unter die ringförmigen Finsternisse gerechnet, aus dem Grunde, weil gerade während der Mitte des Phänomens der Mond von einem leuchtenden Ringe umgeben erschien. Keppler erklärte die Finsterniß für eine totale, und gab für die Entstehung des Strahlenkranzes zwei verschiedene Hypothesen an: entweder sollte der Aether in der Nähe der Sonne entzündet sein, oder man müßte annehmen, daß gewisse vom Rande der Sonnenkugel ausgehende Strahlen nach einer in der Atmosphäre des Mondes erlittenen Brechung zur Erde gelangten.

Dieſe Ideen entwickelte der berühmte Aſtronom bei Gelegenheit der zu Torgau beobachteten Corona während der totalen Finſterniß von 1598.

Die Finſterniß des Jahres 1605 war einige Augenblicke lang ſicherlich total zu Neapel; den Berichterſtattern zufolge zeigte ſich der Mond wie eine ſchwarze Wolke, umgeben von einer glänzenden, einen großen Theil des Himmels einnehmenden Glorie.

Bis hierher haben wir in den älteren Schriften über die Strahlenkrone des Mondes nur unvollkommene, jeder Präciſion ermangelnde Erzählungen angetroffen: die Sonnenfinſterniſſe von 1706, 1715, 1724, 1778, 1806, 1842, 1851 haben dagegen weit genauere Beobachtungen geliefert, welche ſich in der populären Aſtronomie zuſammengeſtellt finden. Weiter unten werde ich ausführlich die vollſtändigen im Jahre 1842 conſtatirten Reſultate mittheilen, woraus der Leſer erſehen mag, wieviel noch den künftigen Beobachtern zu thun übrig bleibt.

Viertes Kapitel.

Ueber gewiſſe in dem Augenblicke auftretende Unregelmäßigkeiten, wo der Mondrand innerlich in geringem Abſtande vom Sonnenrande ſich befindet.

In dem Augenblicke, wo der weſtliche Mondrand ſich innerlich von dem weſtlichen Rande der Sonne loszulöſen beginnt, erſcheint derſelbe wie eine Säge gezähnt. Dieſe Zähne nehmen ſofort zu an Größe und Weite, während ihre Zahl gleichzeitig ſich vermindert. Bald erſcheinen die beiden Ränder nur noch durch einige geradlinige, breite, parallele, vollkommen ſchwarze und ſcharf begrenzte Striche (acht bis zehn an der Zahl) vereinigt. Endlich verſchwinden auch dieſe Striche plötzlich. Der Vorgang iſt ganz ſo, als wenn ſich zwiſchen den Rändern der beiden Himmelskörper eine ſchwarze, klebrige Materie befände, die an gewiſſen Punkten der Sonne anhaftete und durch die Bewegung des Mondes ausgedehnt oder ausgezogen würde, bis die Verbindungen plötzlich zerreißen.

Bei der Bewegung des öſtlichen Mondrandes gegen den öſtlichen

Rand der Sonne wiederholen sich die nämlichen Erscheinungen in umgekehrter Ordnung: die schwarzen, parallelen Linien entstehen zuerst und mit einem Male; auf diese Linien folgen die großen Sägezähne; zum Schluß endlich, vor der völligen Verdeckung der Sonnenscheibe, erscheint der Mondrand wie eine Perlenschnur, aus unregelmäßigen, abwechselnd dunkeln und hellen Kügelchen bestehend.

Diese verschiedenen Unregelmäßigkeiten sind bereits von älteren Astronomen mehr oder weniger deutlich wahrgenommen worden; während der ringförmigen Finsterniß vom 15. Mai 1836 hat Baily in Schottland darüber scharfe Beobachtungen angestellt, und im 10. Bande der Memoirs of the Royal Astronomical Society eine ausführliche und interessante Beschreibung veröffentlicht.

Als wenn diese Phänomene nicht schon an sich merkwürdig genug wären, hat ein amerikanischer Beobachter angegeben, daß der gezähnte Rand, so wie die geraden, parallelen Verbindungslinien zwischen den beiden Rändern unsichtbar werden, sobald man durch grüne Gläser beobachtet, und dagegen sehr deutlich hervortreten, wenn man ein rothes Glas anwendet. Der anonyme Autor citirt mehrere Umstände und mehrere Städte, wo seiner Angabe nach die Thatsache constatirt worden sei.

Fünftes Kapitel.

Von den auf der Mondoberfläche beobachteten Lichterscheinungen während der Dauer von totalen Sonnenfinsternissen.

Louville berichtet, daß er im Jahre 1715 während der Dauer der totalen Verfinsterung zu London auf der Oberfläche der Mondscheibe ein blitzendes Licht wahrgenommen habe, der Entzündung eines Pulverfadens vergleichbar. Dieses Aufblitzen war momentan und schlangenförmig, wie die Blitze bei Gewittern, und zeigte sich bald an der einen, bald an der anderen Stelle, jedoch vornämlich in der Nähe des Ostrandes.

Auch Halley bemerkte Lichterscheinungen oder Blitze in allen

Richtungen, aber hauptſächlich in der Nähe des weſtlichen Randes und einige Zeit vor dem Austritte.

Ein anderer Aſtronom, deſſen Namen ich nicht anzugeben weiß, legte der königlichen Geſellſchaft in London eine graphiſche Darſtellung der Finſterniß von 1715 vor, wobei die Blitze bis zum Mittelpunkte der Mondſcheibe ſich fortſetzten.

Im Jahre 1724 vermochten jedoch die pariſer Aſtronomen, obgleich durch die Abhandlungen von Louville und Halley vollkommen vorbereitet, auf der Oberfläche unſeres Satelliten keinerlei Lichterſcheinungen wahrzunehmen.

Bei der Finſterniß von 1778 erblickten Ulloa, Aranda und Wintuiſen auf der Mondſcheibe, in der nordweſtlichen Region, eine und eine Viertel Minute vor dem Wiedererſcheinen der Sonne, einen leuchtenden Punkt, welcher ſucceſſive wie ein Stern vierter, dritter und zweiter Größe glänzte.

Im Jahre 1806 endlich ſah Ferrer keine leuchtende Stelle auf der Mondoberfläche; nur bemerkte er in einem gewiſſen Moment durch das Teleſkop wie eine ſchmale Rauchſäule, die aus der weſtlichen Region des Geſtirnes hervorzukommen ſchien.

Sechstes Kapitel.

Reflexionen und Winke für die künftigen Beobachter von Finſterniſſen.

Die glänzende Strahlencorona verdient vor Allem die Aufmerkſamkeit der Beobachter auf ſich zu ziehen.

In Betreff der Frage, ob dieſer Lichtring ſeinen Mittelpunkt im Centrum der Sonne oder des Mondes habe, ſind die Meinungen widerſprechend. Halley und Louville laſſen den Mittelpunkt der Corona mit dem des Mondes zuſammenfallen, während dagegen Maraldi und Ferrer dafür ſtets das Sonnencentrum annehmen.

Wenn die erſte Anſicht gegründet iſt, ſo kann der den dunkeln Mondkörper umgebende Lichtkreis nicht mehr der Sonnenatmoſphäre angehören, und Beweiſe für das Vorhandenſein einer ſolchen Atmo-

sphäre sind in anderen Erscheinungen zu suchen. Verweilen wir einen Augenblick bei der Erörterung dieser Behauptung, um zu zeigen, wie wichtig die Frage ist.

Wird die Existenz einer Sonnenatmosphäre angenommen, so ist wahrscheinlich, daß dieselbe nach allen Richtungen gleiche Ausdehnung hat; namentlich kann es nicht zweifelhaft sein, daß in den Aequatoreal-gegenden der Sonne, z. B. im Osten und im Westen der scheinbaren Scheibe, die Atmosphäre sich gleiche Strecken über die condensirten und lebhaft leuchtenden Theile der Sonnenoberfläche hinaus fortsetzt.

Dies vorausgesetzt möge der Monddurchmesser unter einem größeren Gesichtswinkel erscheinen, als der Sonnendurchmesser (was wie wir gesehen haben, am Tage einer totalen Finsterniß in der That stattfinden muß), und vergegenwärtigen wir uns den Gang der Erscheinung, wenn der Mond von Westen nach Osten seine Bewegung im Raume vollzieht.

Sobald der Ostrand unseres Satelliten den westlichen Rand der Sonne von Außen berührt, beginnt die eigentliche Finsterniß. Nach ziemlich langer Zeit erreicht derselbe östliche Rand des Mondes den Ostrand der Sonne von Innen, d. h. an der concaven Seite: dies ist der Anfang der totalen Verfinsterung. In dem genannten Augenblicke reicht der Westrand des Mondes über den gleichnamigen der Sonne um eben so viel hinaus, als der Unterschied der scheinbaren Durchmesser beider Gestirne beträgt. Beim Beginne der totalen Finsterniß entzieht folglich der Mond unseren Augen auf der westlichen Seite einen Theil der Sonnenatmosphäre, während jenseit des östlichen Randes durchaus Nichts verdeckt ist. Das Umgekehrte findet in dem Augenblicke statt, wo die totale Verfinsterung aufhört. Man hat also, um die beregte Frage zu entscheiden, zu Anfang und zu Ende der totalen Verfinsterung die Breite der Strahlenkrone im Osten und im Westen, und ebenfalls in den übrigen Richtungen zu messen.

Zur Ausführung solcher Messungen können entweder Reflexionsinstrumente benutzt werden, oder prismatische Fernröhre von Rochon, oder Fernröhre mit mäßigen Vergrößerungen, in deren Focus eine gewisse Zahl fester Fäden, in Abständen von je einer Minute etwa, eingezogen sind. Jede dieser Beobachtungsmethoden kann mit Rücksicht auf

den Glanz der Corona und die Schärfe ihrer äußeren Begrenzung ihre besonderen Vortheile bieten.

Ist es nun wahr, wie Ulloa sagt, daß die Corona sich erst fünf bis sechs Secunden nach dem Beginn der totalen Verfinsterung zeigt, und ebenso vier oder fünf Secunden früher als die Dunkelheit verschwindet? Diese doppelte Behauptung erfordert um so mehr eine Verification, als Halley die Erscheinung bereits vor dem völligen Verschwinden der Sonne bemerkt zu haben erklärt.

Ist es ferner wahr, wie Halley im Jahre 1715 beobachtet hat, daß die leuchtende Glorie um den Mond keinen Schatten im Freien erzeugt?

Farben sind an der Corona von Halley, Louville und Ulloa wahrgenommen worden. Dieser Umstand leitet auf die Annahme, daß ihr Ursprung in Diffractionserscheinungen zu suchen sei. Es ist daher von Wichtigkeit, die ganze Reihe sichtbarer Farben scharf zu unterscheiden und in ihrer respectiven Ausdehnung zu bestimmen. Befolgt man dann das Verfahren des Akademikers Delisle, mittelst einer vor die Sonne gestellten undurchsichtigen Kugel, welche ein wenig über den Sonnenrand hinausragt, eine künstliche Lichtkrone um jene Kugel zu erzeugen, so wird in der Vergleichung der hier auftretenden Phänomene mit den bei der Sonnenfinsterniß ausgeführten Messungen ein sicheres Mittel liegen, um alle Zweifel zu beseitigen.

Zeigt die Corona Unterbrechungen, divergirende Strahlen, etwa wie wir bei den Glorien der Heiligen zu sehen gewohnt sind? Tritt eine derartige Erscheinung mit voller Regelmäßigkeit auf, und wenn nicht, wie der Wahrscheinlichkeit nach der Fall ist, wo endigen die Strahlen am Mondrande? Es würde von Interesse sein, womöglich zu untersuchen, ob etwa die Ausgangspunkte dieser Strahlen Thälern oder Bergen auf der Mondoberfläche entsprechen.

Verräth das Licht der den Mond umgebenden Strahlenkrone Spuren von Polarisation? Das Polariskop wird darüber Aufschluß geben können.

Nächst den zur Entscheidung der Frage über die Lage des Mittelpunkts der Corona bestimmten Beobachtungen wird eine der nützlichsten Untersuchungen das Studium der Umstände sein, unter denen der

Mondrand zur Zeit der inneren Berührung beider Scheiben sich gezähnt zeigt; die Ermittelung der Art, wie die Zähne in einander übergehen, ihre Größe und Gestalt ändern, und schließlich verschwinden. Bis jetzt ist über die Anzahl Secunden, welche zwischen dem Auftreten der Perlenreihe und dem Verschwinden der schwarzen parallelen Striche verfließen, nichts Genaueres bekannt. Vielleicht wird die Kenntniß aller dieser Umstände noch nicht genügen, um die physische Ursache einer so auffallenden Erscheinung zu entschleiern; aber selbst wenn diese Ursache aufgefunden wäre, so würde sie so lange als unsicher anzusehen sein, als nicht ihre Uebereinstimmung mit den numerischen Daten dargethan worden ist, für welche ich die Elemente sorgfältig zu sammeln anempfehle.

Die schlängelnden Lichterscheinungen auf der dunkeln Mondscheibe, welche von Louville und Halley 1715 wahrgenommen und seitens des pariser Akademikers als Blitze angesehen wurden, die infolge der im Augenblicke der totalen Verfinsterung an verschiedenen Punkten der Atmosphäre unseres Satelliten erfolgenden Entladung mehrerer Gewitter entstehen sollten, könnten nach meinem Dafürhalten auch in anderer Weise erklärt werden.

Die Sonne ist größer als der Mond, und erleuchtet deshalb stets etwas mehr als die Hälfte der Mondkugel. Selbst im Momente der centralen Verfinsterung dringen daher Sonnenstrahlen in die der Erde zugekehrte Mondhemisphäre. Sollte es nun nicht möglich sein, daß dergleichen Strahlen bis zu dem von uns gesehenen Theile der Mondoberfläche gelangten, und an den Abhängen der vulkanischen Mondberge dergestalt mehr oder weniger vielfache Reflexionen erführen, daß ihr Licht von der Erde aus gesehen den trügerischen Anschein der Beweglichkeit erhielte? Hieraus könnte man die in der Nähe der Ränder beobachteten Blitze erklären; in der Mitte der Mondscheibe haben die Lichterscheinungen vielleicht eine verschiedene Ursache. Die Sonnenstrahlen werden an der Oberfläche der Wasserbecken auf unserer Erde ziemlich regelmäßig zurückgeworfen. Wenn nun außerhalb des im Schatten der Finsterniß befindlichen Theiles der Erdoberfläche eine solche Wasserfläche, von beschränkter Ausdehnung, gerade so liegt, daß die von ihr reflectirten Sonnenstrahlen den Mond treffen, so bewirken

diese Strahlen eine partielle Erleuchtung der dunkeln Scheibe, und müssen zugleich wegen der Rotationsbewegung der Erde auf verschiedene Punkte treffen. Dies scheint mir in Uebereinstimmung mit dem wesentlichen Charakter des Phänomens. Ich weiß nicht, ob es nicht ebenfalls möglich wäre, den Ursprung der von Halley und Louville bemerkten Blitze in die Atmosphäre unserer Erde zu verlegen. Es wird ein Hauptziel der Astronomen sein müssen, bei der künftigen Beobachtung derartiger Lichterscheinungen alle solchen Umstände genau ins Auge zu fassen, welche über die Wahl zwischen den drei angeführten Hypothesen Aufschluß zu geben geeignet sein könnten. Es ist z. B. klar, daß die dritte Erklärung als definitiv beseitigt anzusehen wäre, wenn in verschiedenen, etwas entfernten Punkten der Erde, etwa wie Perpignan und Digne, die Lichterscheinungen an denselben Stellen beobachtet würden.

Besondere Aufmerksamkeit möge man der nordwestlichen Region der Mondscheibe zuwenden. Ulloa hielt dieselbe für durch und durch durchbohrt und erklärte den im Jahre 1778 wahrgenommenen hellen Punkt für ein durch eine enge Oeffnung gesehenes, sehr kleines Stückchen der Sonnenoberfläche. Lalande berechnete, daß um allen Umständen der Beobachtung des spanischen Admirals zu genügen, die vorausgesetzte Oeffnung fünfzehn Lieues von der von der Erde aus an den Rand des Mondes gezogenen Tangente abstehen müßte, aus welchem Resultate er dann eine Länge von hundert und neun Lieues für jene Oeffnung ableitete. Es würde folglich ein Zusammentreffen außerordentlich seltener Umstände dazu gehören, damit unter ganz besonderen Verhältnissen der Librationsbewegung des Mondes die Richtung eines so langen Loches oder Schlotes an einem gewissen Tage genau durch einen gegebenen Ort ginge. Indeß darf die geringe Wahrscheinlichkeit eines solchen Zusammentreffens, ich wiederhole es, nicht hindern, den nordwestlichen Rand unseres Satelliten einen Augenblick mit Aufmerksamkeit zu betrachten.

An das Interesse, das es hat, an jedem Orte auf die Zahl und die Größe derjenigen Sterne zu achten, welche während der Dauer der totalen Finsterniß dem bloßen Auge sichtbar werden, brauche ich wohl nicht zu erinnern.

In der bisher vollkommen conſtatirten Unmöglichkeit, die Flecken auf dem Monde mit Hülfe des während einer totalen Sonnenfinſterniß von der Erde nach ihnen reflectirten Lichtes zu entdecken, liegt eine Art von Kriterium (définition intrinsèque) für die zur Zeit der größten Dunkelheit während der Finſterniß in unſerer Atmoſphäre verbreiteten Lichtmenge. Dieſer Umſtand iſt nicht außer Acht zu laſſen; es dürfte ſogar nicht ſchwer ſein, Zahlenangaben darauf zu gründen. Als eine keineswegs nutzloſe Aufgabe iſt der Verſuch zu betrachten, die Flecken der Mondſcheibe mit Hülfe ſolcher Fernröhre zu erkennen, welche ſie im aſchfarbenen Lichte der totalen Mondfinſterniſſe in der Regel am beſten zeigen, ich meine mittelſt der ſogenannten Nachtfernröhre oder Kometenſucher.

Wenn die ſehr kurze Dauer der totalen Verfinſterung nicht etwa ein Hinderniß iſt, wird man gewiß merkwürdige Reſultate finden, indem man ein Polarimeter ſucceſſive auf alle dem Schattenkegel benachbarten Regionen der Atmoſphäre richtet. Aber ſo viele Beobachtungen laſſen ſich nicht in zwei bis drei Minuten anſtellen; der Beobachter wird ſich deshalb auf die wichtigſten zu beſchränken haben.

Die leiſe Färbung, welche die Atmoſphäre und die Gegenſtände auf der Erde in dem Augenblicke annehmen, wo ein ſehr großer Theil der Sonne verdeckt wird, ſcheint darauf hinzudeuten, daß alsdann außer einer Quantität weißen Lichtes, noch einige iſolirte, von den übrigen getrennte Elementarſtrahlen (roth, orange und gelb) zu uns gelangen. Eine ſolche Zerlegung des weißen Lichtes kann am Rande des Mondes eine Wirkung der Diffraction ſein, und es muß in dieſem Falle die Grenze des direct beobachteten Himmelskörpers farbig erſcheinen. Sind nun dergleichen Regenbogenfarben immer vorhanden, oder fangen ſie erſt an merklich zu werden und eine wahrnehmbare Färbung auf der Erde hervorzurufen in dem Augenblicke, wo ihre Breite zu der des ſichtbar und weiß gebliebenen Sonnenſegmentes in einem beſtimmten Verhältniſſe ſteht? Sollen dieſe Fragen entſchieden werden, ſo iſt der Gebrauch der gefärbten Gläſer bei der Beobachtung totaler Finſterniſſe durchaus zu verwerfen; es wird vielmehr unerläßlich, daß die Aſtronomen ſolche Combinationen von Gläſern wählen, welche der Sonne ihre volle natürliche Weiße laſſen.

Wenn die Astronomen, durch andere Sorgen in Anspruch genommen, die Beobachtung der über irdische Gegenstände und in der Atmosphäre verbreiteten Färbung Liebhabern überlassen, so müssen diese gegen etwaige Contrastwirkungen auf ihrer Hut sein. Es ist nöthig, wohl darauf zu achten, daß die Gegenwart irgend einer künstlichen Lichtquelle den durch die Strahlenkrone direct, und secundär durch die Atmosphäre beleuchteten Gegenständen Färbungen ohne Realität mittheilen könnte. Zu einer Zeit, wo man es sich zur Aufgabe gemacht zu haben scheint, zu vergessen, daß ein weißer Gegenstand durch den Contrast farbig erscheinen kann, also z. B. grün in der Nähe eines intensiven rothen Lichtes, dürften dergleichen Erinnerungen keineswegs als überflüssig gelten.

Während einer Sonnenfinsterniß projicirt sich der Mond als schwarze Scheibe, und in seiner wahren Gestalt, auf die Sonne. Der sichtbar bleibende Theil der Sonnenoberfläche wird folglich stets durch zwei Kreisbogen begrenzt. An den beiden Punkten, wo dieselben zusammenstoßen, entstehen zwei krummlinige, von einem dunkeln und einem hellen Bogen gebildete Figuren, welche man Hörner nennt. Zu gewissen Zeiten können diese Hörner äußerst scharf und spitz werden.

Die von der Sonne kommenden Lichtstrahlen, welche die Spitzen der Hörner und die benachbarten Theile hell hervortreten lassen, gehen um zur Erde zu gelangen, hart an der Mondoberfläche vorüber. Wenn eine merkliche Atmosphäre den Mond umgibt, so müssen diese Strahlen abgelenkt und dadurch die Kreisform der Sonne alterirt werden; an den Hörnern werden sich Inflexionen, locale Unregelmäßigkeiten wahrnehmen lassen, auf welche es sehr nützlich ist die Aufmerksamkeit der Beobachter zu lenken.

Nicht allein die Beobachtung der Hörner kann uns möglicherweise in den Stand setzen, mehr oder minder genaue Vorstellungen in Bezug auf die Mondatmosphäre zu erlangen. Die Gase und Dünste halten immer einen Theil der sie durchlaufenden Lichtstrahlen zurück. Wenn unser Satellit eine Atmosphäre besitzt, so muß der große schwarze Flecken, welchen er bei seiner Projection auf die Sonne erzeugt, concentrisch mit einer Art von Halbschatten, d. h. mit einem schmalen, jener Atmosphäre entsprechenden Gürtel umgeben sein. In der ganzen

Ausdehnung des fraglichen Gürtels oder Ringes wird das Sonnenlicht etwas geschwächt erscheinen. Zum Nachweise einer solchen Schwächung hat man sich noch nicht hinreichend der langen oder gestreckten Sonnenfackeln (facules allongées) bedient, welche die Oberfläche des leuchtenden Gestirnes überziehen. Die langen Sonnenfackeln haben in der Regel in ihrer ganzen Ausdehnung einen gleichmäßigen Glanz. Wenn nun der Rand des Mondes in senkrechter Richtung sich längs eines solchen glänzenden Streifens fortbewegt, so ist Nichts leichter, als zu entscheiden, ob das der schwarzen Scheibe benachbarte Stück von gleicher Helligkeit mit dem übrigen ist. Auf dieselbe Art würde zugleich die geringste, von einer Brechung in der Mondatmosphäre herrührende Verzerrung sichtbar werden. Mit einem Worte, die Beobachtung gewisser Sonnenfackeln während der Finsterniß scheint mir vor der der Kerne großer Sonnenflecken eigenthümliche Vorzüge zu besitzen, obgleich im Allgemeinen die Astronomen sich wenig damit beschäftigt haben.

Halley erzählt, daß im Jahre 1715 das östliche Segment der Sonne, das noch zuletzt sichtbar blieb, ohne Unbequemlichkeit im Fernrohre nach Wegnahme des Blendglases betrachtet werden konnte, während zu Ende der totalen Finsterniß das zuerst wieder erscheinende westliche Segment eine solche Betrachtung nicht gestattete.

Zur Erklärung dieses Phänomens zeigte sich der große Beobachter mit Recht geneigt, dem Auge die Hauptrolle zuzuweisen. So erkannte er an, daß die gegen das Ende der Verfinsterung mehr erweiterte Pupille auch mehr Licht durchgehen lassen müsse, als zu Anfang; aber eine zweite Ursache schien ihm mit im Spiele zu sein. Er sagt: „Da die östliche Seite des Mondes während einer Periode von fast funfzehn irdischen Tagen der erwärmenden Wirkung der Sonnenstrahlen ausgesetzt gewesen, so muß die Atmosphäre daselbst nothwendigerweise mit Dünsten angefüllt sein, welche sich infolge des langen Sonnenscheins entwickelt haben. Die Ursache der beobachteten Schwächung im Glanze der Sonnenstrahlen möchte folglich in den physikalischen Eigenschaften jener östlichen Atmosphäre zu suchen sein, welche sie zu durchlaufen haben. Am westlichen Rande hat im Gegentheil eine ebenso lange Nacht (von funfzehn Tagen) geherrscht, während

welcher die in der vorangegangenen Periode entwickelten Dünſte ſich niedergeſchlagen haben. Daher müſſen die dieſe zweite reinere und durchſichtigere Region der Mondatmoſphäre durchlaufenden Strahlen von beſonderer Lebhaftigkeit ſein."

Diejenigen, welche die vorgetragenen Conjecturen noch einer Verification für werth erachten ſollten, werden wie mir ſcheint, leicht die Mittel finden, um die von Halley angedeutete Ungewißheit zu beſeitigen. Um jeden aus der Oeffnung der Pupille entſpringenden Einfluß wegzuſchaffen, braucht man das Fernrohr nur mit einer ſo ſtarken Vergrößerung zu verſehen, daß die Breite des aus dem Oculare austretenden parallelen Strahlenbündels kleiner iſt als der Durchmeſſer der Pupille ſelbſt im Zuſtande ihrer größten Verengerung. Die Wirkungen der Blendung oder der Ermüdung laſſen ſich gleichfalls eliminiren, wenn man für die Beobachtung des Ein- und Austrittes der Sonne das eine, beſtändig bedeckt gehaltene Auge reſervirt, welches für das Studium der übrigen Phaſen der Finſterniß nicht in Anſpruch genommen wird. In der That geht, ſo viel ich mich erinnere, aus verſchiedenen Verſuchen von Du Fay hervor, daß eine Blendung des einen Auges ſich dem anderen nicht mittheilt.

Nimmt man die Sonne von einer Atmoſphäre umgeben an, ſo werden die von den Rändern zu uns gelangenden Strahlen eine größere Strecke in der Sonnenatmoſphäre zurückzulegen haben, als die von der Mitte kommenden Strahlen. Es iſt deshalb nicht für gewiß anzuſehen, daß dieſe beiden Gattungen von Strahlen vollkommen identiſch ſein müſſen. In den Frauenhofer'ſchen Linien könnten ſich z. B. Unterſchiede kund geben infolge der ungleichen Abſorptionsverhältniſſe, denen die Lichtbündel bei ihrem Durchgange durch verſchiedene Dicken der Sonnenatmoſphäre unterworfen ſind. Der Verſuch iſt mit einem negativen Reſultate während der ringförmigen Finſterniß des Jahres 1836 angeſtellt worden. Ich ſchlage ſeine Wiederholung aus dem Grunde nicht vor, weil ich es für nutzlos halte, die ſehr kurze Dauer einer Sonnenfinſterniß auf Beobachtungen zu verwenden, welche jeden Tag im Jahre gemacht werden können.

Man hat oft gehofft aus dem Gange des Thermometers während der Dauer einer Finſterniß Aufſchluß darüber gewinnen zu kön-

nen, ob alle Theile der Sonne in gleicher Weiſe leuchtend ſind. Auf dieſen Punkt gerichtete Beobachtungen ſind nicht jedesmal den Aſtronomen anzuempfehlen: die Sonne kann in Frankreich zu tief ſtehen, als daß ſich eine große Regelmäßigkeit im Gange des Thermometers erwarten ließe. Außerdem laſſen die thermometriſchen oder photometriſchen Intenſitäten der verſchiedenen Punkte der Sonnenſcheibe ſich auf directem Wege ermitteln und vergleichen. Während der Finſterniß vom 15. Mai 1836 wurde in Paris der Gang zweier Thermometer verfolgt, das eine mit weißer, das andere mit geſchwärzter Kugel, die in zwei luftleeren Ballons den Sonnenſtrahlen ausgeſetzt waren. Ein gewiſſer Schluß auf die relativen Wärmewirkungen der vom Rande und vom Centrum der Sonne ausgehenden Strahlen ließ ſich daraus nicht ziehen. Dünſte und ſelbſt Wolken waren während der Dauer der Finſterniß eine Quelle offenbarer Störungen, deren Betrag ſich unmöglich genau ſchätzen laſſen dürfte.

Seneca erzählt uns, daß Poſidonius im Augenblicke einer totalen Sonnenfinſterniß einen Kometen ſah. Dieſe Beobachtung hat man auf das Jahr 462 vor unſerer Zeitrechnung geſetzt, in welchem Jahre in der That eine totale Finſterniß zu Athen ſtattgefunden hat.

Auch im Jahre 418 nach Chriſti Geburt, zur Zeit des Kaiſers Theodoſius, wird von einem während einer totalen Sonnenfinſterniß erſchienenen Kometen berichtet.

Ich halte es deshalb für ganz angemeſſen, den künftigen Beobachtern von Sonnenfinſterniſſen zu empfehlen, während der Dauer der totalen Verfinſterung durch ihre Gehülfen nachſehen zu laſſen, ob ſich etwa ein Komet über dem Horizonte befindet.

Siebentes Kapitel.

Zeit des Anfangs und des Endes der Finſterniß; Zeit des Anfangs und des Endes der totalen Verfinſterung.

Die in den Ephemeriden aufgenommenen Angaben, welche, wie wir dies im 2. Kapitel, S. 121 geſehen haben, in Stunden, Minuten

und Secunden den Anfang und das Ende der Finſterniß vom 8. Juli 1842, den Eintritt der totalen Verfinſterung und die Dauer derſelben feſtſetzten, haben mit den Beobachtungen nur innerhalb der Grenzen von dreißig bis vierzig Secunden übereingeſtimmt. Dieſe Unterſchiede zeigten, daß die Mondtafeln, der Halbmeſſer des Mondes und der Sonne einer Verbeſſerung bedürfen; denn überall hat ſich die Abweichung in demſelben Sinne kund gegeben; doch nein, ſtreng genommen könnte man eine Ausnahme anführen, nämlich die Beobachtungen in Narbonne.

Die eifrigen Liebhaber der Aſtronomie, die ſich in dieſer Stadt vereinigt hatten, haben drucken laſſen, daß die Mondſcheibe in dem vorausbeſtimmten Augenblicke die Sonnenſcheibe berührte und ſo die untrügliche Genauigkeit der aſtronomiſchen Vorherſagungen beſtätigte.

Nichts lautet beſtimmter als dieſe Worte; man hätte aber anführen ſollen, wem man für die Station Narbonne die Vorherbeſtimmung des Anfangs der Finſterniß entlehnt hat; denn dieſe Stadt ſteht nicht in Largeteau's Tafel. Es wäre nicht weniger nöthig geweſen, die Methoden anzugeben, wodurch die Chronometer in Narbonne am Tage vor und nach der Finſterniß regulirt wurden. Katoptriſche und dioptriſche Fernröhre, Polariſkope (dies ſind die einzigen in der vor mir liegenden Abhandlung genannten Inſtrumente) können nicht zur Beſtimmung der Zeit dienen. Die von den Beobachtern in Narbonne ausgeſprochene Anomalie vermag alſo die ſonſt überall gefundenen Reſultate nicht zu entkräften.

Die Beobachtungen in Perpignan ſind auf der Citadelle angeſtellt worden, und zwar auf der Terraſſe des Commandanten an einem Punkte der Courtine, welche dieſe Terraſſe äußerlich begrenzt; ſeine mittelſt eines Gambey'ſchen Repetitionstheodolits beſtimmte Breite iſt $42^{\circ}\ 41'\ 43''$.

Die Länge deſſelben Punktes iſt nach einer geodätiſchen Operation, deren Endpunkt der Thurm Saint-Jacques (einer der Stationen der großen Triangulation von Frankreich) war, $0^{h}\ 2^{m}\ 14{,}3^{s}$ öſtlich vom pariſer Meridiane.

Der Gang der Chronometer wurde aus abſoluten mittelſt eines

Gambey'schen Repetitionstheodolits beobachteten Höhen mehrerer Sterne und der Sonne hergeleitet.

Laugier's Fernrohr hatte 93^{mm} Oeffnung und 55fache Vergrößerung.

Mauvais' Fernrohr hatte 156^{mm} Oeffnung und 120fache Vergrößerung.

Das von mir benutzte Fernrohr hatte 91^{mm} Oeffnung und 56fache Vergrößerung.

Folgendes sind unsere Resultate:

Anfang der Finsterniß.

	Mittlere perpignaner Zeit.
Arago	$4^h\ 54^m\ 8^s$
Laugier	$4\ 54\ 9$
Mauvais	$4\ 54\ 8$

Anfang der totalen Verfinsterung.

Arago	$5^h\ 46^m\ 51{,}4^s$
Laugier	$5\ 46\ 51{,}4$
Mauvais	$5\ 46\ 51{,}9$

Ende der totalen Verfinsterung.

Mauvais	$5^h\ 49^m\ 2{,}5^s$

Ende der Finsterniß.

Arago	$6^h\ 46^m\ 16{,}6^s$
Laugier	$6\ 46\ 15{,}6$
Mauvais	$6\ 46\ 15{,}6$

In der folgenden Tafel habe ich die Resultate der auf den wichtigsten europäischen Stationen gemachten Beobachtungen zusammengestellt, ausgedrückt in mittlerer Ortszeit, von Mitternacht an gezählt.

Anfang der Finsterniß.	Anfang der totalen Verfinsterung.	Ende der totalen Verfinsterung.	Ende der Finsterniß.
Marseiller Observatorium. — Valz.			
$5^h\ 3^m\ 50^s$ *)	$5^h\ 57^m\ 30^s$	$5^h\ 59^m\ 29^s$	$6^h\ 57^m\ 49^s$ **)

*) Muthmaßlich wegen der Undulationen 4 bis 5 Secunden zu spät.

**) Muthmaßlich wegen der Undulationen 2 bis 3 Secunden zu früh.

Anfang der Finſterniß.	Anfang der totalen Verfinſterung.	Ende der totalen Verfinſterung.	Ende der Finſterniß.
Sternwarte in Toulon. — Kapitän Bérard.			
$5^h\ 7^m\ 54^s$ *)	$6^h\ 0^m\ 32^s$	$6^h\ 1^m\ 22^s$	$7^h\ 0^m\ 0^s$
Mailand. — Carlini und andere Beobachter. Mittlere Reſultate.			
$5^h\ 20^m\ 38{,}2^s$	$6^h\ 15^m\ 31{,}4^s$	$6^h\ 17^m\ 45{,}8^s$	$7^h\ 17^m\ 20{,}5^s$
Wiener Sternwarte. — Schumacher.			
$5^h\ 51^m\ 51{,}9^s$	$6^h\ 49^m\ 24{,}9^s$	$6^h\ 51^m\ 21{,}9^s$	$7^h\ 53^m\ 55{,}9^s$
Sternwarte in Padua. — Santini.			
$5^h\ 30^m\ 24{,}3^s$	$6^h\ 26^m\ 46{,}3^s$	$6^h\ 28^m\ 19{,}3^s$	$7^h\ 29^m\ 19{,}3^s$
Sternwarte in Padua. — Conti.			
$5^h\ 30^m\ 48{,}3^s$	$6^h\ 26^m\ 54{,}3^s$	$6^h\ 28^m\ 19{,}3^s$	$7^h\ 29^m\ 26{,}8^s$
Sternwarte der Marine in Venedig. — Müllerſtorf und Miſtak. (Mittel.)			
$5^h\ 32^m\ 36{,}9^s$	$6^h\ 29^m\ 25{,}3^s$	$6^h\ 30^m\ 8{,}7^s$	$7^h\ 32^m\ 47{,}3^s$
Lipesk. öſtl. Länge von Paris $2^h\ 29^m\ 1^s$; nördl. Breite . . . . $52^0\ 36'\ 43''$ — O. Struve und Schidlofsky.			
	$8^h\ 42^m\ 1{,}6^s$	$8^h\ 45^m\ 6{,}5^s$	$9^h\ 55^m\ 9{,}3^s$

Bei der Discuſſion der in Wien und in einigen Städten Italiens gemachten Beobachtungen hat Carlini $16'\ 20{,}4''$ für die Conſtante des Mondhalbmeſſers, einer Aequatorealparallare von $60'$ entſprechend, gefunden, während die Burckhardt'ſchen Tafeln $16'\ 21{,}0''$ geben; dagegen hat er den Sonnenhalbmeſſer, der am beſten beſtimmt ſchien, um $1{,}36''$ vergrößert. Dieſer Durchmeſſer war für die mittlere Entfernung der Erde nach Encke $15'\ 58{,}42''$; Carlini erhöht ihn infolge der Umſtände bei der Finſterniß auf $15'\ 59{,}78''$.

*) Herr Bérard glaubt, daß der Eintritt ſchon ſeit 2 Secunden erfolgt war; die angegebene Zahl würde alſo um dieſen Betrag zu groß ſein.

Es würde nützlich sein, die Rechnungen des mailänder Astronomen unter Zugrundlegung sämmtlicher Beobachtungen zu wiederholen. Die totalen und die ringförmigen Finsterniſſe bieten vier Berührungen der beiden Gestirne, zwei innere und zwei äußere dar und führen deshalb zu Resultaten, die man aus partiellen Verfinsterungen nicht würde erhalten können.

Um die große Zahl genauer Beobachtungen, die man während einer Finsterniß ausführen kann, zu zeigen und um darzuthun, welche Uebereinstimmung man zwischen den von verschiedenen an einem und demselben Orte beobachtenden Astronomen erhaltenen Resultaten erwarten darf, will ich hier die ausführliche Tabelle der in Paris während der Finsterniß vom 15. Mai 1836 gemachten Beobachtungen aufnehmen. Während dieser Finsterniß sind die Hörner der Sichel stets merkwürdig spitz gewesen, und ist nicht die geringste Lichtabnahme in der Nähe der Mondscheibe bemerkt worden.

Das von mir 1836 benutzte Fernrohr hatte 155^{mm} Oeffnung und 80fache Vergrößerung.

A. Bouvard's Fernrohr hatte 68^{mm} Oeffnung und 60fache Vergrößerung.

Mathieu benutzte ein Aequatoreal von 97^{mm} Oeffnung und 120facher Vergrößerung.

Savary's Fernrohr hatte 97^{mm} Oeffnung und 70fache Vergrößerung.

E. Bouvard's Fernrohr hatte 194^{mm} Oeffnung und 120fache Vergrößerung.

Laugier's Fernrohr hatte 88^{mm} Oeffnung und 60fache Vergrößerung.

Plantamour's Fernrohr hatte 131^{mm} Oeffnung und 130fache Vergrößerung.

Mauvais und Kapitän Basil Hall hatten sich unseren Beobachtungen ebenfalls angeschlossen.

Die erhaltenen Resultate sind folgende:

Anfang der Finſterniß.

	Mittlere pariſer Zeit.
Arago	$2^h\ 6^m\ 7{,}5^s$
A. Bouvard	2 6 9,8
Mathieu	2 6 12,6
Savary	2 6 10,6
E. Bouvard	2 6 1,8
Laugier	2 6 16,8 *)
Plantamour	2 6 8,5
Baſil Hall	2 6 10,3

Berührung des Mondrandes mit dem Mittelpunkte eines Fleckens.

Savary	$2^h\ 7^m\ 18{,}4^s$
Plantamour	2 7 8,8

Berührung des Mondrandes mit einem ſchwarzen Flecken.

	Erſter Rand des Fleckens.	Mittelpunkt des Fleckens.	Zweiter Rand des Fleckens.
Arago	$2^h\ 19^m\ 42{,}0^s$	$2^h\ 19^m\ 55{,}0^s$	$2^h\ 20^m\ 8{,}0^s$
A. Bouvard	—	2 19 56,8	—
Savary	2 19 43,3	2 19 56,3	—
E. Bouvard	2 19 41,8	2 19 53,8	2 20 6,8
Laugier	2 19 41,8	2 19 53,8	—
Plantamour	2 19 41,8	—	2 20 1,8
Mauvais	2 19 42,8	2 19 54,8	2 20 7,8
Baſil Hall	—	2 19 52,8	—

Berührung des Mondrandes mit einem ſchwarzen Flecken.

	Erſter Rand.	Mittelpunkt.	Zweiter Rand.
A. Bouvard	—	$2^h\ 44^m\ 0{,}8^s$	—
Mauvais	2 43 46,8	2 44 5,8	2 44 24,8
Baſil Hall	2 43 46,8	—	—

Anderer Flecken.

	Erſter Rand.	Mittelpunkt.	Zweiter Rand.
M. Savary	—	$2^h\ 48^m\ 28{,}7^s$	—
E. Bouvard	$2^h\ 48^m\ 18{,}8^s$	2 48 24,8	$2^h\ 48^m\ 32{,}8^s$
Laugier	—	2 48 26,8	—
Plantamour	—	2 48 21,8	—
Mauvais	2 48 13,8	2 48 22,8	2 48 31,8

*) Um einige Secunden verſpätete Beobachtung.

Anderer schwarzer Flecken.

	Erster Rand des Fleckens.	Mittelpunkt des Fleckens.	Zweiter Rand des Fleckens.
A. Bouvard .	—	$2^h\ 50^m\ 19{,}8^s$	—
E. Bouvard .	$2^h\ 50^m\ 0{,}8^s$	$2\ 50\ 14{,}8$	$2^h\ 50^m\ 23{,}8^s$
Laugier . .	$2\ 49\ 58{,}8$	$2\ 50\ 12{,}8$	—
Plantamour .	$2\ 49\ 56{,}8$	—	$2\ 50\ 24{,}8$
Mauvais . .	$2\ 50\ 0{,}8$	$2\ 50\ 13{,}8$	$2\ 50\ 25{,}8$
Basil Hall .	$2\ 50\ 1{,}1$	—	$2\ 50\ 27{,}8$

Anderer Flecken.

	Erster Rand.	Mittelpunkt.	Zweiter Rand.
Arago . .	$2^h\ 50^m\ 46{,}5^s$	—	$2^h\ 51^m\ 27{,}5^s$
A. Bouvard .	—	$2\ 51\ 7{,}8$	—
Savary . .	—	$2\ 51\ 11{,}3$	$2\ 51\ 36{,}2$
E. Bouvard .	$2\ 50\ 47{,}8$	$2\ 51\ 6{,}8$	$2\ 51\ 26{,}8$
Laugier . .	—	—	$2\ 51\ 26{,}8$
Plantamour	$2\ 50\ 45{,}8$	—	$2\ 51\ 27{,}8$
Mauvais . .	$2\ 50\ 46{,}8$	$2\ 51\ 6{,}8$	$2\ 51\ 26{,}8$

Anderer schwarzer Flecken.

	Erster Rand.	Mittelpunkt.	Zweiter Rand.
Arago . .	—	$2^h\ 58^m\ 55{,}7^s$	—
Mathieu .	—	—	$2\ 58\ 56{,}9$
Savary .	$2\ 58\ 48{,}9$	$2\ 58\ 51{,}9$	$2\ 58\ 55{,}9$
E. Bouvard	$2\ 58\ 45{,}8$	$2\ 58\ 51{,}8$	$2\ 58\ 56{,}8$
Laugier . .	—	$2\ 58\ 52{,}8$	—
Plantamour	—	$2\ 58\ 54{,}8$	—
Mauvais .	—	$2\ 58\ 52{,}8$	—
Basil Hall .	—	$2\ 58\ 54{,}5$	—

Anderer schwarzer Flecken.

	Erster Rand.	Mittelpunkt.	Zweiter Rand.
Arago . .	—	$3^h\ 0^m\ 50{,}2^s$	—
Mathieu .	$3\ 0\ 39{,}6$	—	$3\ 0\ 54{,}6$
Savary . .	$3\ 0\ 38{,}6$	—	$3\ 0\ 55{,}5$
E. Bouvard	$3\ 0\ 37{,}8$	$3\ 0\ 45{,}8$	$3\ 0\ 52{,}8$
Laugier .	—	$3\ 0\ 48{,}8$	—
Plantamour	—	$3\ 0\ 48{,}8$	—
Mauvais .	—	$3\ 0\ 47{,}8$	—
Basil Hall .	—	$3\ 0\ 50{,}0$	—

Anderer ſchwarzer Flecken.

	Erſter Rand des Fleckens.	Mittelpunkt des Fleckens.	Zweiter Rand des Fleckens.
Arago . .	$3^h\ 6^m\ 54{,}1^s$	—	$3^h\ 7^m\ 13{,}7^s$
Mathieu .	3 6 50,6	—	3 7 1,6
Savary . .	—	3 6 55,7	—
E. Bouvard	3 6 51,8	—	3 7 10,8
Laugier . .	3 6 55,8	—	3 7 10,8
Plantamour	—	—	3 7 6,8
Mauvais .	3 6 52,8	—	3 7 11,8
Baſil Hall .	3 6 53,8	—	—

Anderer ſchwarzer Flecken.

	Erſter Rand.	Mittelpunkt.	Zweiter Rand.
E. Bouvard	$3^h\ 10^m\ 18{,}8^s$	—	$3^h\ 10^m\ 26{,}8^s$
Laugier .	—	3 10 24,8	—
Plantamour	—	3 10 24,8	—
Mauvais .	—	3 10 23,8	—
Baſil Hall	—	3 10 24,8	—

Anderer ſchwarzer Flecken.

	Erſter Rand.	Mittelpunkt.	Zweiter Rand.
Arago . .	—	$3^h\ 44^m\ 33{,}4^s$	—
E. Bouvard	3 44 18,4	3 44 29,4	3 44 41,4
Laugier .	—	3 44 35,4	—
Plantamour	—	3 44 36,4	—
Baſil Hall .	—	3 44 38,8	—

Ende der Finſterniß.

Arago	$4^h\ 52^m\ 21{,}1^s$
Mathieu	4 52 21,4
Savary	4 52 21,4
E. Bouvard	4 52 22,8
Laugier	4 52 16,8
Plantamour	4 52 20,8
Mauvais	4 52 21,8
Baſil Hall	4 52 21,5

Achtes Kapitel.

Intenſität des atmoſphäriſchen Lichtes.

Das von der Atmoſphäre während der totalen Verfinſterungen reflectirte Licht ſcheint in Bezug auf ſeine Intenſität durch die Größe der Sterne, die man mit bloßen Augen zu ſehen vermag, ziemlich gut characteriſirt zu werden. In einem Kapitel der populären Aſtronomie*) finden ſich die zu verſchiedenen Zeiten conſtatirten Thatſachen dieſer Art zuſammengeſtellt. Sehen wir, was die Beobachtungen von 1842 uns Beſonderes über die Intenſität des Lichtes gelehrt haben, das den Strich auf der Erde zu erhellen fortfuhr, wo die Sonne durch den Mond gänzlich verborgen war.

Diejenigen Perſonen, welche am 8. Juli 1842 in Perpignan der Aufſuchung von Sternen eine hinreichende Aufmerkſamkeit zuwenden konnten, bemerkten mit bloßen Augen 4 bis 5. Am Ufer des Meeres ſahen einige Leute 7, andere 10 Sterne. Nach den angegebenen Poſitionen ſcheint es nicht, als ob Mars einer der ſichtbaren Sterne geweſen ſei.

Pinaud und Boisgiraud ſprechen von 4 bis 5 Sternen, die man in Narbonne während der totalen Verfinſterung am Zenith und im Weſten wahrgenommen habe. Verſchiedene Beobachter verſicherten, deren bis 10 gezählt zu haben.

Die Leute aus Montpellier, welche Abbé Peytal fragte, wieviel Sterne ſie wahrgenommen hätten, antworteten, die Zahl der mit bloßem Auge ſichtbar geweſenen habe nicht 5 überſtiegen.

Zu Digne erkannte Dien mit bloßen Augen Capella, β und ζ im Stier, und γ im Orion. Doch bedeckten Dünſte einen großen Theil des Himmels.

Zu Lodi bemerkte Piola während der totalen Verfinſterung: Mars, die beiden Sterne in den Zwillingen, Aldebaran, Capella und andere Sterne erſter Größe (es wird nicht geſagt, welche).

---

*) 3. Bd. der populären Aſtronomie S. 458 u. 459.

Majocchi berichtet, daß man zu Novara während der totalen Finſterniß nur Mars, Capella und Aldebaran ſah.

Der Beobachter in Venedig nennt unter den in dieſer Stadt ſichtbar geweſenen Sternen nur Capella und Aldebaran; es hätte ſicherlich mehr Werth gehabt, wenn er die ſchwächſten angeführt hätte.

In Lodi konnte Piola mäßig große Schrift leſen, wenn das Buch ſo geneigt war, daß es durch das vom Horizonte kommende röthliche Licht beleuchtet wurde. Da, wo der Horizont durch Gebäude verdeckt war, mußte die Dunkelheit offenbar viel größer erſcheinen.

Auf den Lagunen Venedigs bemerkten die Paſſagiere des Dampfbootes während der totalen Verfinſterung, daß die aus dem Schornſteine aufſteigende Rauchſäule nicht mehr ſichtbar war. Die glühenden Kohlentheilchen, welche der Rauch mit fortriß, ſchienen iſolirt und gewährten ein ſehr ſchönes Schauſpiel.

Ich glaube die Bewegungen gewiſſer Pflanzen während der Dauer der totalen Finſterniß zu denjenigen Phänomenen rechnen zu müſſen, welche unter Umſtänden zu einer ziemlich angenäherten Schätzung der Intenſität, welche damals das atmoſphäriſche Licht beſaß, führen können.

Zu Prades (Dep. der Oſtpyrenäen) bemerkte der Apotheker Cauder, daß die Blätter der Acacia Julibrissin, die ſich bereits geöffnet hatten, als die Finſterniß begann, ſich während der totalen Verfinſterung wieder ſchloſſen.

Profeſſor Perego ſah Convolvulus ſich ſchließen; die Mimoſen blieben geöffnet. Ebenſolche Beobachtungen, deren Details ich aber nicht kenne, ſind zu Parma gemacht worden.

In Venedig beobachteten im botaniſchen Garten die Obergärtner Ruchinger und ſein Sohn mit angeſpannter Aufmerkſamkeit während der Dauer der totalen Verfinſterung die verſchiedenen Pflanzen, welche ſich gegen Entziehung des Lichtes und jede Aenderung im hygrometriſchen Zuſtande der Atmoſphäre empfindlich zeigen; nahmen aber keinen Einfluß wahr.

Beeilen wir uns indeß hinzuzufügen, daß in Venedig die Dauer der Dunkelheit nicht einmal eine Minute betrug.

In Wien hatte eine Colutea sutherlandia frutescens ihre Blätter geſchloſſen (an den Mimoſen bemerkte man keine Aenderung).

Nehmen wir jetzt an, daß man am 8. Juli um 6 Uhr Morgens zu Prades, Mailand und Wien nach einem den Phyſikern wohlbekannten Verfahren ermittelt hätte, welche Schwächung das atmoſphäriſche Licht erleiden müſſe, um die Blätter von Acacia Julibrissin, von Convolvulus und von Colutea innerhalb zweier Minuten zum Schließen zu bringen, während dieſelbe Schwächung die Blätter der Mimoſen offen ließ, ſo würde man zu einer wichtigen photometriſchen Beſtimmung gekommen ſein. Wie die Sachen jetzt liegen, verdient der Verſuch kaum ausgeführt zu werden. Denn mit Rückſicht auf Mauern, Häuſer, Bäume und anderweite Gegenſtände, welche am 8. Juli 1842 für die Pflanzen in Prades, Mailand und Wien den Dienſt von Schirmen verſehen konnten, weiß man nicht, welcher Bruchtheil der geſammten Atmoſphäre dieſe Gewächſe beleuchtete. Man wird ein anderes Mal ſich beſſer vorzuſehen haben.

Neuntes Kapitel.

Von dem aſchfarbenen Lichte während der totalen Sonnenfinſterniſſe.

Das ſogenannte aſchfarbene Licht, d. h. das Licht, welches aus der Reflexion der Strahlen hervorgeht, die zuerſt von der Sonne zur Erde, dann von der Erde zum Monde und endlich vom Monde zur Erde geſandt werden, erreicht am Tage der Conjunction der beiden Geſtirne ſein Maximum. Das Verhältniß des aſchfarbenen Lichtes zum Lichte des Vollmondes läßt ſich experimentell beſtimmen; die Photometrie gewährt ebenfalls die Mittel, das Verhältniß des Lichtes des Vollmondes zum Lichte der Sonne zu finden. Eine einfache Diviſion führt dann zu dem numeriſchen Verhältniſſe zwiſchen dem Maximum des aſchfarbenen Lichtes und dem Glanze der Sonne. Hätte man alſo am 8. Juli 1842 während der totalen Verfinſterung das Verhältniß des aſchfarbenen Lichtes zu dem atmoſphäriſchen Lichte beſtimmen können, ſo würde man unmittelbar das Verhältniß dieſes letzteren zum Sonnenlichte erhalten haben.

Am 8. Juli 1842 war das aschfarbene Licht durch das atmosphärische Licht vollständig ausgelöscht. Ungeachtet aller Sorgfalt gelang es uns nicht einen einzigen Flecken des Mondes zu unterscheiden; auf der Beobachtung der Flecken beruhte aber die projectirte Messung.

Wassenius war glücklicher als wir. Während der totalen Finsterniß von 1773 sah er in Gothenburg „die hauptsächlichsten Flecken des Mondes". Indeß war das 21füssige Fernrohr des schwedischen Astronomen sicherlich weniger stark, als die von uns angewandten. Wenn man also annähme, daß das aschfarbene Licht stets denselben Glanz hätte, so würde aus der Vergleichung der Beobachtungen von 1773 und 1842 folgen, daß bei totalen Finsternissen das atmosphärische Licht sehr veränderlich sein kann.

Piola erzählt, daß er am 8. Juli 1842, um seinen Augen ihre ganze Empfindlichkeit zu erhalten, die Vorsicht anwandte, dieselben einige Augenblicke vor der totalen Verfinsterung geschlossen zu halten; was ihm, als diese Phase eingetreten war, das aschfarbene Licht des Mondes wahrzunehmen gestattet habe.

Meines Erachtens ist diese Beobachtung nicht mit hinreichenden Details beschrieben worden. Hat Piola sagen wollen, daß die Mondscheibe ihm nicht vollständig dunkel erschien? Dies konnte nicht fehlen, denn die Atmosphäre, durch welche jene Scheibe beobachtet wurde, reflectirte Licht. Wenn aber Piola die Flecken auf dem Monde unterschied, so wäre es zweckmäßig gewesen, dies in unzweideutigen Ausdrücken zu erklären.

Zehntes Kapitel.

Gang des Thermometers während der Finsternisse.

Der Gang des Thermometers während des Fortschreitens der Finsterniß von 1842 erschien denjenigen eigenthümlich, die nicht beachteten, daß zwei veränderliche und einander vollständig entgegengesetzte Ursachen gleichzeitig auf das Instrument wirkten. Indem die Sonne allmälich höher über den Horizont stieg, wuchs einerseits ihre erwärmende Kraft immer mehr und mehr, verminderte sich aber andererseits

in dem Maaße, als der Mond durch sein Dazwischentreten einen immer größern und größern Theil des leuchtenden Gestirnes bedeckte: das Thermometer gab also die Differenz dieser beiden Wirkungen an. Da nach dem Ende der totalen Verfinsterung die Sonne immer noch stieg, und der sichtbare Theil ihrer Scheibe unaufhörlich an Größe zunahm, so wirkten beide Ursachen zur Vermehrung der Wärme und des Lichtes zusammen. Diese zweifache Bemerkung wird diejenigen leiten müssen, welche die während der Sonnenfinsternisse angestellten photometrischen und thermometrischen Beobachtungen im Einzelnen discutiren wollen.

Obwohl ich sehr gut wußte, daß isolirte thermometrische und photometrische Beobachtungen nicht wohl zu allgemeinen Resultaten führen können, obwohl eine lange Erfahrung mich gelehrt hatte, daß man Mittelwerthe anwenden muß, wenn man mit Nutzen die Erscheinungen interpretiren will, welche in einem so veränderlichen Medium, wie die Erdatmosphäre, vorgehen, so hatte ich mich 1842 doch mit den geeignetsten Instrumenten für Wärme- und Lichtmessungen versehen. Wir hatten in Perpignan eine reiche Sammlung von Thermometern und Photometern, deren sorgfältige Beobachtung während der ganzen Dauer der Finsterniß durch die Herrn Doctor Massot, Apotheker Farines und den Artilleriecapitain Julia gefälligst übernommen worden war. Ich habe auch meinen Dank abzustatten den Herren Lorenzo Prezas y Puig und Louis Balaguer, welche aus Barcelona gekommen waren, um sich mit uns zu verbinden.

Es kann mir nicht in den Sinn kommen, hier die langen Zahlenreihen mitzutheilen, in welchen die Resultate jener Arbeit aufgezeichnet sind. Ich werde mich begnügen anzuführen, daß die infolge der Finsterniß eintretende rückgängige Thermometeränderung weniger beträchtlich gefunden wurde, als der Eindruck der Kälte auf die Hände und das Gesicht hätte vermuthen lassen. Diese Aenderung im Schatten an frei in der Luft aufgehangenen Thermometern überstieg zu Perpignan nicht 3° C.

An den der Sonne ausgesetzten Thermometern fiel selbstverständlich die Aenderung viel größer aus; eines dieser Instrumente mit schwarzer Kugel, das sich in einer geschlossenen luftleeren Glaskugel befand, sank zwischen $5^h\ 10^m$ und $5^h\ 48^m$ um 8,7° C.; ein ähnliches

Thermometer mit gewöhnlicher gläſerner Kugel ſank zwiſchen 5^h 6^m und 5^h 40^m um 5,5° C.

In Mailand betrug das Sinken des gewöhnlichen Thermometers 3,4° C.

In Venedig 3,1° C.

Auf dem Felde in der Nähe von Perpignan fiel nach der totalen Verfinſterung ein ſtarker Thau; er ſank in Tropfen von den Blättern herab.

Elftes Kapitel.

Scheinbare Farbe des Himmels, Ausſehen der Gegenſtände in den Augenblicken, welche der totalen Verfinſterung von 1842 vorhergingen und ihr folgten.

In Perpignan bemerkte Jaubert de Paſſa, Correſpondent der Akademie der Wiſſenſchaften, während der totalen Verfinſterung, daß ſich am Horizonte über dem Meere ein breiter orangerother Streifen befand.

Pinaud und Boisgiraud bemerkten in Narbonne, daß in dem Maaße, als die Verfinſterung vorſchritt, die Dunkelheit einen beſondern Character annahm: „Es war, ſagen ſie, eine bleigraue und blaſſe Färbung, ein olivenfarbig grauer Schein, der über die Natur gleichſam einen Trauerſchleier warf.“

In Montpellier hatte der Profeſſor an der mediciniſchen Schule, Lordat, auf Petit's Bitte ſpeciell die Beobachtungen in Bezug auf die Farbenänderungen übernommen. Dieſe Aenderungen begannen merklich zu werden von 5^h 48^m an. Die Gegenſtände erſchienen anfangs ſchwachgelblich; das Tageslicht ward blaß und bleifarben; in gewiſſen Stellungen hatten die menſchlichen Geſichter ein leichenähnliches Anſehen.

In dem Berichte des Profeſſors der höhern Mathematik an der Facultät der Wiſſenſchaften zu Montpellier, Lenthéric, findet ſich folgende Stelle:

„Kurz vor dem Beginn der totalen Verfinſterung war das Licht blei- und aſchfarbig geworden, und gab dem Geſicht der Leute ein Ausſehen, das ein unheimliches Gefühl hervorrief.“

D'Hombres-Firmas drückt sich folgendermaßen aus:

„Als drei Viertel der Sonne bedeckt waren, erschienen die Blumen, die röthlichen Stoffe und besonders die menschlichen Gesichter blasser, und nahmen sogar eine Olivenfarbe an."

Beau, der zu Digne auf Eugen Bouvard's Bitte mit großer Sorgfalt die Farbenänderungen des Sonnenlichts, der Atmosphäre und der Luft der Thäler verfolgte, hat von diesem Phänomene eine ausführliche Beschreibung geliefert. Leider blieb während eines Theils vom Morgen des 8. Juli die Sonne von ziemlich dicken Dünsten, welche blos die rothen Strahlen durchließen, bedeckt.

Später als die Dünste sich zerstreut hatten, nahm das Sonnenlicht seine gewöhnliche weiße Farbe wieder an. Um $5^h 44^m$ zog es ins Gelbliche, dann ins Orange und endlich waren wenige Minuten vor der vollständigen Bedeckung die letzten Strahlen röthlich.

„Die vollständige Dunkelheit, sagt Beau, hatte die Farbe von Weinhefen. Dieser Ausdruck gibt noch am besten die eigenthümliche gleichförmige Färbung wieder, in welche alle Gegenstände eingehüllt schienen. Als ich eine Gruppe von Personen, welche um Bouvard standen, betrachtete, erschienen mir ihre Gesichter bleich und gleichsam grünlich; man würde gesagt haben, einigermaßen ähnlich der eigenthümlichen Färbung, welche die Gesichter beim Beleuchten durch eine mit Kochsalz getränkte Weingeistflamme annehmen. Bouvard, den ich specieller betrachtete, sah im buchstäblichen Sinne olivengrün aus; es ist dies ein Eindruck, den ich immer vor Augen haben werde."

In Italien bemerkten die meisten Beobachter, daß in den Augenblicken, welche dem vollständigen Verschwinden der Sonne vorangingen, die Gegenstände eine olivengrüne Färbung annahmen und dann allmälich nach Einigen ins Saffranfarbige, nach Anderen ins Violette übergingen.

Der Beobachter in Cremona, der in dieser Stadt die verschiedenen Phasen der Verfinsterung beobachtete, erzählt, daß ihm Alles wie durch ein bengalisches Feuer beleuchtet erschienen sei.

In Mailand erschien die ungeheure Ebene, welche sich vor den im Lyceum St. Alexander versammelten Beobachtern ausdehnte, mit einer grünlichen Farbe bedeckt.

Majocchi erzählt, daß zu Novara während der totalen Verfinste-

rung der Himmel von 50° Höhe bis zum Horizonte eine Roſafarbe zeigte, als ob in dieſem Augenblicke ein Nordlicht vorhanden geweſen.

In Lodi ſah zur Zeit der totalen Verfinſterung Piola am Horizonte nach Norden und nach Süden hin einen Gürtel von 15° bis 20° Höhe, deſſen Farbe dem des friſchen Kupfers glich. Höher hinauf war der Himmel ohne irgend eine Abſtufung von einer tief dunklen violetten Azurfarbe. Dieſe letztere Farbe wurde von den Waſſern des Po und des Leccoſees reflectirt und ertheilte ihnen ein bleifarbenes Ausſehen, welches Schrecken einflößte.

Dieſe Beobachtungen zeigen untereinander weſentliche Differenzen; indeß dürften die mit den Fortſchritten der Optik Vertrauten keine größere Uebereinſtimmung zwiſchen den Reſultaten erwartet haben.

Die atmoſphäriſchen Umſtände ſind nicht die einzigen Urſachen geweſen, welche Verſchiedenheiten in den Urtheilen veranlaſſen konnten; die innern Eigenſchaften der Augen der Beobachter werden einen guten Theil dazu beigetragen haben.

Für die meiſten Menſchen iſt ſicherlich Nichts unähnlicher, als die Farbe der Roſen und die der Blätter des Roſenſtocks, als die Farbe der reifen Kirſchen und die der Blätter des Kirſchbaums u. ſ. w. Dennoch findet man Leute, welche die genannten Blumen und Früchte von den umgebenden Blättern nur durch die Geſtalt unterſcheiden. Zwiſchen den gewöhnlichen Augen und den ſehr ſeltenen exceptionellen Augen, denen Roth und Grün gleich erſcheint, gibt es verſchiedene Grade. Sorgfältig discutirte Beobachtungen über Farben würden ſicherlich den Beweis davon liefern; es exiſtirt aber ein noch einfacheres Mittel den Zweck zu erreichen.

Dies Mittel beſteht für einen beliebigen Beobachter darin, auf den einen Augapfel einen gewiſſen Druck in der Richtung von unten nach oben auszuüben. Augenblicklich erſcheinen die Gegenſtände doppelt; man ſieht dann z. B. zwei Bilder einer Kerzenflamme. Wenige Perſonen finden nun dieſe Bilder genau gleich. Wenn ein Naturhiſtoriker oder ein Aſtronom den Verſuch macht, ſo iſt das Bild, welches dem Auge entſpricht, das er gewöhnlich benutzt röthlicher als das andere.

Sobald man die Ueberzeugung gewonnen hat, daß die beiden

Augen eines und deſſelben Beobachters mit der Zeit dahin kommen können, die leuchtenden Objecte ſehr verſchieden zu ſehen, iſt wohl nicht in Abrede zu ſtellen, daß ähnliche Unterſchiede zwiſchen den Augen verſchiedener Perſonen exiſtiren können.

Iſt dies einmal zugegeben, ſo wird Jeder einſehen, wie überflüſſig es ſein würde, eine umſtändliche Discuſſion der verſchiedenen zuvor aufgezählten Reſultate vorzunehmen. Dieſe Reſultate ermangeln übrigens in gewiſſen Beziehungen der Genauigkeit. So hat man nicht beſtimmt die Farbe der Atmoſphäre von der Farbe der irdiſchen Gegenſtände, welche von allen Regionen dieſer Atmoſphäre beleuchtet wurden, unterſchieden; man hat ferner ebenſo wenig geſagt, ob, wenn die menſchlichen Geſichter leichenhaft grün erſchienen, dieſe Trauerfarbe nicht hauptſächlich durch Contraſtwirkung entſtanden war, indem die Geſichter ſich damals zufällig auf eine jener atmoſphäriſchen Zonen in der Nähe des Horizonts projicirten, in denen nach Piola's Ausdrucke eine kupferrothe Färbung herrſchte. Die Hauptſache iſt alſo, feſtzuſtellen, daß die Atmoſphäre z. B. in der Nähe des Zeniths ihre Färbung ſchwach ändern, daß ſie ſogar von Azurblau in dunkles Grün übergehen könne, ohne daß wir dazu der Annahme bedürfen, Rand und Mittelpunkt der Sonne ſendeten wenigſtens in Bezug auf die Färbung einander unähnliche Strahlen aus. In der populären Aſtronomie*) habe ich eine vollſtändige Löſung der hier geſtellten Frage gegeben, indem ich außerdem auch die bei Gelegenheit anderer Finſterniſſe über die Farbenänderung irdiſcher Objecte gemachten Beobachtungen berückſichtigte.

Zwölftes Kapitel.

Ueber die leuchtende Corona, womit der Mond während der ganzen Dauer der totalen Sonnenfinſterniß von 1842 umgeben erſchien.

§. 1. Form dieſer Corona im Allgemeinen.

Die leuchtende Corona, worüber Halley, Louville, Ulloa, Ferrer u. A. in den Jahren 1715, 1778 und 1806 ſo umſtändlich ſprachen,

*) Bd. 3, S. 460. ff.

zeigte sich 1842 in ihrem vollen Glanze; sie bestand aus einer kreisförmigen Zone, welche an den dunkeln Mondrand grenzte, und einer zweiten weniger lebhaften, welche die erste umgab.*)

Das Licht dieser zweiten Zone oder Hülle stufte sich allmälich von innen nach außen ab; das der ersten war fast gleichförmig; doch glaubte Baily zu bemerken, daß es in der Nähe des Mondes stärker glänzte, als an seiner andern Grenze.

Wie dem auch sein möge, die Helligkeiten der beiden concentrischen aneinandergrenzenden Zonen waren verschieden genug, um die von uns angenommene Unterscheidung zu rechtfertigen.

In der Richtung der Linie, welche die beiden Punkte der Sonnenscheibe verband, wo die Verfinsterung derselben begann und wo sie aufhörte, lagen zwei beträchtliche Lichtausbreitungen, zwei große Strahlenbüschel der leuchtenden Corona. In Frankreich sind diese Büschel fast überall, aber mit etwas verschiedenen Gestalten gesehen worden.

In Perpignan schien es Mauvais, als ob jeder dieser beiden Büschel von den beiden Zweigen einer Parabel begrenzt wäre, deren Scheitel auf dem Rande des Mondes lag; vom Berührungspunkte aus erweiterten sie sich also.

Der Marineoffizier Selva bemerkte neben uns ebenfalls, daß die beiden Ausbreitungen der Corona, welche die Richtung der den Ein- und Austrittspunkt verbindenden Graden hatten, durch krumme, den Zweigen einer Parabel ähnliche Linien begrenzt waren.

Wahrhaft seltsam ist es, daß eben diese Verlängerungen von gebildeten Leuten in Perpignan mit spitzen Enden dargestellt worden sind.

Worin kann der Grund solcher Unterschiede zwischen Beobachtungen an einem und demselben Orte liegen? Darin, daß die Figuren wahrscheinlich nicht in demselben Augenblicke gezeichnet worden sind,

*) Nach Piola schien die Corona in Italien aus zwei concentrischen leuchtenden Ringen, die durch einen sehr schmalen dunkeln Ring getrennt waren, zu bestehen. Piola's Beobachtung würde von theoretischem Gesichtspunkte aus eine außerordentliche Wichtigkeit haben; indeß habe ich nicht gehört, daß außer Piola irgend einer der zahlreichen Beobachter der Finsterniß den von dem italienischen Astronomen angegebenen dunkeln Ring wahrgenommen hätte.

und beſonders darin, daß die Einen wieder gegeben haben, was ſie mit bloßen Augen ſahen, während die Andern mehr oder weniger vergrößernde Fernröhre anwandten. Ich glaube, daß wenn man ebenſo in der Eile mit andern ſchlecht begrenzten Objecten, z. B. mit gewiſſen Wolken verführe, die mit bloßen Augen gemachten Abbildungen merklich von denen abweichen dürften, die man mittelſt eines vergrößernden Inſtrumentes erhalten haben würde.

In Narbonne ſahen Pinaud und Boisgiraud im Südoſten der Mondſcheibe „eine ſchöne Garbe krummliniger divergirender Strahlen, deren zwei äußerſte zwiſchen ihren entgegengeſetzten Krümmungen einen Raum einſchloſſen, wo das Licht eine geringere Intenſität hatte als in der ganzen übrigen Corona. . . . Im Nordweſten erſchien ein breiter Kegel leuchtender convergirender Strahlen von größerer Helligkeit als die umgebenden Theile.“

In Montpellier beobachtete Petit einen Augenblick lang vier ſolche Ausbreitungen der Corona, die wir auch Strahlenbüſchel genannt haben; zwei ſtanden einander diametral gegenüber, und zwar lag der eine oben und der andere unten, in der Richtung von Nordweſt nach Südoſt. Die Richtung der beiden andern fiel faſt mit der Richtung von Nordoſt nach Südweſt zuſammen.

In der Zeichnung des Marineeleven erſter Klaſſe, Méryon, die Bérard mir als getreue Abbildung der Erſcheinung, ſo wie ſie ſich in Toulon zeigte, zugeſandt hat, würde man zwei Bilder des Zodiacallichtes, ein aufrechtes und ein umgekehrtes zu ſehen glauben.

Die Zeichnung des Profeſſors Flaugergues zu Toulon gleicht der von Méryon im untern Theile; am andern Ende iſt der Strahlenbüſchel der Corona viel weiter nach rechts gezeichnet; endlich ſieht man in der Verlängerung der Verticalen, welche durch den höchſten Punkt der Mondſcheibe geht, einen dritten Strahlenbüſchel, von welchem die Zeichnung des Marineeleven keine Spur enthält.

Neben Flaugergues zeichnete der Profeſſor der Befeſtigungskunſt an der Seeartillerieſchule ebenfalls drei Strahlenbüſchel; die beiden obern waren aber weniger iſolirt, weniger von einander getrennt. Man bemerkt, beſonders wenn man die relativen Lagen der drei Strahlen-

büschel vergleicht, ebenfalls wesentliche Unterschiede zwischen den beiden Figuren.

Airy und Baily sahen in Superga und in Pavia keine Unterbrechung in der Regelmäßigkeit der Corona; die von ihnen gegebenen Darstellungen der Erscheinung zeigen von dem, was wir Lichtausbreitungen, Strahlenbüschel genannt haben, keine Spur. Die Abhandlungen der beiden englischen Astronomen enthalten nicht ein Wort, woraus man schließen könnte, daß auf den beiden erwähnten Stationen im Nordwesten und Südosten, im Nordosten und Südwesten des Mondes bemerkenswerthe optische Eigenthümlichkeiten beobachtet worden wären. Die Corona „zeigte außen, sagt Baily, nirgends den bestimmten Umriß eines Ringes." In dieser Beziehung verhielt sich aber der obere und untere, der rechte und linke, so wie alle übrigen Punkte des Umfangs genau gleich.

Es scheint schwierig, die zuvor angeführten Unterschiede im Aussehen zu erklären, wenn man annimmt, daß die Corona eine materielle Atmosphäre ist, welche in dem Raume um die Sonne oder den Mond existirt. Hätte nicht eine gasförmige Masse, welche die Sonne umgab, auf der ganzen Erde mit derselben Form, in derselben Größe und Lage erscheinen müssen? In dem kurzen Zeitraume einer oder zweier Minuten in größter Hast angestellte Beobachtungen konnten sicherlich mit merklichen Fehlern behaftet sein; sollte man aber auf Rechnung solcher Fehler den so wesentlichen Unterschied setzen dürfen, den wir zwischen den Beobachtungen der Corona in Perpignan, Narbonne, Montpellier, Toulon und denen in Superga und Turin gefunden haben? Was ist der Grund, der das, was in Frankreich so hervortrat, in Italien unsichtbar gemacht hat?*)

*) Seitdem dies geschrieben, habe ich erfahren, daß zwei beträchtliche Strahlenbüschel in Mailand von Picozzi wahrgenommen worden sind. Majocchi hat sie in einer vor mir liegenden Brochure mit folgenden Worten beschrieben:

„Vom obern Theile (des Ringes) erhob sich eine breite Ausstrahlung, die nach rechts aufsteigend sich so beugte, daß ihre verlängerten Strahlen, anstatt den Mittelpunkt des Mondes zu treffen, ein Drittel der Scheibe dieses Gestirns nach links würden abgeschnitten haben. Eine andere, der vorhergehenden ähnliche und in ihrer Verlängerung liegende Ausstrahlung erschien am untern Rande, nach links sich neigend."

Ich habe geglaubt, dieſe Frage ſehr hervorheben zu müſſen; dies war der Hauptzweck der ausgedehnten Entwickelungen, welche ich dieſem Paragraphen gegeben habe.

§ 2. Von der Lage der divergirenden Strahlen der Corona.

In Perpignan ſchienen die divergirenden Strahlen, welche der Corona das Anſehen der Glorie eines Heiligen verliehen, von dem äußern Rande der erſten kreisförmigen Zone auszugehen. Keiner dieſer Strahlen verlängerte ſich durch dieſe Zone hindurch bis zum dunklen Rande des Mondes.

Dieſelbe Bemerkung iſt in Montpellier gemacht worden. Petit und Roche ſagen in ihren handſchriftlichen Berichten, daß die Strahlen, von außen nach innen gehend, ungefähr in der Mitte des ganzen Ringes, d. h. an dem äußern Umfange des kleinern Ringes aufhörten.

In ſeiner Abhandlung von 1806 ſetzte Ferrer den Urſprung der divergirenden Strahlen an den äußern Umfang der größten der beiden concentriſchen Zonen. Die Zeichnung ſtellt keinen dieſer Strahlen ſo dar, daß er durch die Ringe hindurchgehend den Rand des Mondes erreicht.

Beim Unterſuchen der Strahlenkrone mit freiem Auge erkannte ich ein wenig links von der Verticalen, welche durch den höchſten Punkt des Mondes ging, deutlich einen breiten leuchtenden Flecken, der von verſchlungenen Strahlen gebildet ward. Ich werde von dieſem ungewöhnlichen Ausſehen eine ziemlich richtige Vorſtellung geben, wenn ich es mit einem in Unordnung gerathenen, und verwirrten Garnſträhne vergleicht.

Abbé Peytal in Montpellier unterſuchte mit vorzüglicher Aufmerkſamkeit die leuchtenden Strahlen, aus denen die Corona beſtand, beſonders auf der linken Seite; „dieſe Strahlen, ſagt er, ſchienen verſchlungen, wie ein Pack Hanfhede.“ Nach der von Peytal entworfenen Figur waren dieſe Strahlen im Ganzen genommen faſt parallel mit dem Rande des Mondes.

Nach einem handſchriftlichen Berichte, worin der Geniecapitän

---

Mailand iſt alſo in die allgemeine Regel eingetreten; dies macht aber die Ausnahme von Pavia nur noch auffallender.

Mayette ſeine zu Perpignan gemachten Beobachtungen aufgezeichnet hat, bemerkt man unter den divergirenden Strahlen, welche vom Umfange der Corona ausgehend ſich in den Raum verlieren, viele, die auf dieſem Umfange nicht ſenkrecht waren. Dieſe Strahlen würden in ihrer Verlängerung weder durch den Mittelpunkt des Mondes, noch durch den Mittelpunkt der Sonne gegangen ſein.

Dalbiez in Perpignan hat mir eine ſehr gut ausgeführte Zeichnung der Corona zugeſandt, in der man viele Strahlen bemerkt, deren Verlängerungen, weit entfernt durch den Mittelpunkt des Mondes zu gehen, vielmehr zu dem Rande tangentiell ſind.

Endlich bemerke ich in einer Abbildung, die ich der Gefälligkeit eines jungen ſehr unterrichteten Naturforſchers, Vilaſéca, verdanke, deutlich angegebene krummlinige Strahlen.

Krummlinige Strahlen, verſchlungene Strahlen, Strahlen, welche Tangenten am Mondrande bilden, Strahlen, die nicht von den centralen Regionen der leuchtenden Corona ausgehen, das ſind die harten Proben, welchen die Erklärungen der Erſcheinung von jetzt an werden genügen müſſen. Vor ſolchen Thatſachen können die falſchen Theorieen nicht einen Augenblick beſtehen.

§ 3. Welches war die Winkelbreite jedes der Theile der Strahlenkrone? Fiel ihr Mittelpunkt mit dem des Mondes oder der Sonne zuſammen?

Als ich vor der Finſterniß von 1842 die oben im 6. Kapitel S. 125 wiederholten Betrachtungen und Vorſchläge veröffentlichte, hatte ich gehofft, es würde den Aſtronomen, wenn ſie einmal darauf aufmerkſam gemacht wären, gelingen, durch ihre Beobachtungen zu entſcheiden, ob die leuchtende Corona mit der Sonne oder mit dem Monde concentriſch iſt. Hatte die ſichtbare Corona während der ganzen Dauer der totalen Verfinſterung in aller Strenge das Centrum des Mondes zum Mittelpunkte, ſo konnte eine Atmoſphäre der Sonne keine genügende Erklärung der Erſcheinung mehr liefern. Dieſe einzige Bemerkung zeigt die hohe Wichtigkeit der empfohlenen Unterſuchung. Unglücklicher Weiſe iſt die Beobachtung nicht mit der nöthigen Genauigkeit ausführbar geweſen. So zeigten, wie ich ſchon geſagt habe, die äußern Ränder der

Strahlenkrone ſich ſehr wenig ſcharf, und in den meiſten Richtungen gingen auf beträchtliche Abſtände ſo verwaſchene Lichtſtreifen davon aus, daß jede mikrometriſche Meſſung faſt unmöglich wurde. Wenn nun eine ſo große Unſicherheit über den Meſſungen ſchwebt, iſt es dann erlaubt, auf bloße Schätzungen viel Werth zu legen? Wie dem auch ſein möge, ich wollte zugleich die Schätzungen und die Meſſungen anführen, fand mich aber oft gehindert durch die Unmöglichkeit anzugeben, ob die Beobachtungen ſich auf die Dimenſionen der größten der beiden Zonen oder nur auf die der innern bezogen.

In Perpignan benutzte der Marineofficier Selva einen Gambey'ſchen Spiegelkreis, den ich ihm anvertraut hatte, zur Beſtimmung der Breite der innern leuchtenden Corona. Er fand dieſe Breite während der ganzen Dauer der Finſterniß im Weſten und im Oſten unveränderlich zu 3 Minuten.

Laugier bediente ſich zur Meſſung der Strahlenkrone eines getheilten Glaſes, das ich in einem Fernrohre mit ſehr ſchwacher Vergrößerung hatte anbringen laſſen. Es ſchien ihm der Abſtand vom Rande des Mondes bis zum äußern Rande des zweiten leuchtenden Ringes 10 Minuten zu betragen.

Mauvais wandte ein in quadratiſche Felder getheiltes Glas an; ſeine Beobachtung erſtreckte ſich aber ausſchließlich auf die innere leuchtende Zone, auf die Zone mit gleichförmigem Glanze. Das Reſultat war um eine Minute geringer, als das von Selva erhaltene.

Mittelſt eines ähnlichen Mikrometers fand Petit in Montpellier für die Winkelbreite der beiden Zonen, der beiden concentriſchen Ringe 8′45″.

In Toulon fand der Marineofficier Regnaud mittelſt eines Reflexionskreiſes nur 2 Minuten für die Winkelbreite der innern Corona.

Baily legte nach Schätzung beiden Coronen zuſammen, vom Rande des Mondes aus gerechnet, eine dem Halbmeſſer dieſes Geſtirns gleiche Breite, alſo eine Breite von 16 Minuten bei.

Airy veranſchlagte nach Schätzung die Breite der (innern?) Corona auf den achten Theil des Monddurchmeſſers, d. h. auf eine Winkelgröße von ungefähr 4 Minuten.

Zu Lipesk betrug nach Otto Struve und Schidlofsky die Breite

der Corona vom Rande des Mondes bis zum äußern Umfange, von dem nach allen Richtungen*) lange Strahlen ausgingen, 25 Minuten.

In Perpignan hatten nach Mauvais die längſten Strahlen, welche die Glorien bildeten, vom dunkeln Rande des Mondes aus gerechnet, eine dem Durchmeſſer dieſes Geſtirns gleiche Länge, alſo eine Länge von ungefähr 33 Minuten.

In Toulon bemerkte Flaugergues drei Strahlenbüſchel, „deren Spitzen, wie er ſagt, auf einem Kreiſe von ungefähr $3^1/_2$ Graden (im Durchmeſſer) lagen.“ Der Winkelabſtand dieſer Spitzen vom Rande des Mondes betrug alſo ungefähr $1^1/_2{}^0$.

In Lipesk ſahen Otto Struve und Schidlofsky Strahlenbüſchel, die vom Rande des Mondes aus gerechnet 3 und ſelbſt 4 Grade lang waren.

In der populären Aſtronomie (Bd. 3, S. 479) habe ich die Erklärung beſprochen, die man von der leuchtenden Corona geben zu können geglaubt hat, indem man ſie im Anſchluß an einen von den Aſtronomen La Hire und de l'Isle im dunklen Zimmer angeſtellten Verſuch einer Wirkung der Beugung zuſchrieb. Ich habe gezeigt, daß dieſe Theorie unzureichend war, daß ſie von den leuchtenden Strahlen der Corona, die nach dem Rande und nicht nach dem Centrum der beiden Geſtirne gerichtet ſind, daß ſie von den verſchlungenen Strahlen, von den gekrümmten Strahlenbüſcheln, und von den glänzenden Büſcheln, die von gewiſſen Punkten ausgehend ſich auf 3 und ſelbſt 4 Grade vom Rande des Mondes erſtrecken, während an andern Punkten keine Spur davon vorhanden iſt, keine Rechenſchaft gibt.

Dieſe Bemerkungen werden nicht überflüſſig erſcheinen, wenn man bedenkt, daß eine Theorie nur in die Wiſſenſchaft aufgenommen werden darf, nachdem ſie den Erſcheinungen bis in die kleinſten Details genügt hat. Wie ich in der populären Aſtronomie geſagt habe, iſt es möglich, daß das weißliche Licht der Corona aus der Vereinigung des aus einer durchſichtigen die Photoſphäre der Sonne umgebenden Atmoſphäre kommenden Lichtes mit dem Lichte einer künſtlichen durch

*) Vergl. die Anmerkg. 5 im 3. Bde. der populären Aſtronomie S. 497. Anmerkg. d. d. Ausg.

Beugung gebildeten Corona hervorgeht. Die Frage wird wahrscheinlich durch sorgfältig angestellte Polarisationsbeobachtungen gelöst werden können.

§ 4. Beschaffenheit des Lichtes der Corona.

In Perpignan fand Laugier die Corona im Fernrohre etwas gelblich; mit freiem Auge erschien sie ihm weiß.

Mauvais hielt die Farbe für schwach gelblich. Man muß bemerken, daß sie sich auf einen Himmel projicirte, dessen Nuance durch Contrast etwas zu dieser Färbung beitragen konnte.

Pinaud und Boisgiraud versichern, daß zu Narbonne das Licht der Corona durchaus nicht gefärbt erschien.

Flaugergues theilt diese Ansicht; er gibt zu Toulon die Farbe milchweiß an.

Nach Bailly war die Corona zu Pavia vollkommen weiß (quite white).

Piola sah sie pagliarina, strohfarben.

Professor Majocchi in Mailand characterisirt eben dies Licht mit folgenden Worten: „Sie war weiß mit einem Anfluge vom Gelblichen (giallognolo).“

In Lipesk, wo die Corona sich mit einer außerordentlichen Intensität, mit einem blendenden Glanze zeigte, fanden Struve und Schidlofsky ihre Farbe vollkommen weiß.

Fusinieri aus Vicenza zerlegte durch ein Glasprisma das Licht der Mondcorona; er versichert, daß in dem aus dieser Zerlegung hervorgehenden Spectrum das Grün gefehlt habe, daß der Platz, welchen diese Farbe gewöhnlich einnimmt, ganz und gar dunkel gewesen sei.

Zu Montpellier behaupteten mehrere Personen, daß die Corona nicht fest gestanden, sondern sich ähnlich wie die Sonnen der Feuerwerke um ihren Mittelpunkt gedreht habe.

Roche bemerkte einen Theil dieser Wirkung; er schreibt sie einer Aenderung der Lage zu, welche die zur Bildung der Glorie beitragenden Strahlen ausschließlich erlitten hätten.

In einer von Professor Lenthéric veröffentlichten Brochure steht: „Die Corona schien einigen Personen eine kreisförmige Bewegung zu

haben, ähnlich der eines um ſeinen Mittelpunkt rotirenden brennenden Feuerwerks, wie dies Antonio Ulloa bei der Finſterniß von 1778 wahrnahm."

Nach Baily ſchienen die leuchtenden Strahlen, welche die Corona bildeten, lebhaft wie die einer Glasflamme zu flackern (flicker).

Zu Lipesk in Rußland änderte ſich nach Otto Struve's und Schidlofsky's Angabe das Ausſehen der Corona unaufhörlich; ſie ſchien in einem Zuſtande ſehr heftiger Bewegung.

§ 5. Intenſität des Lichtes der Krone.

Die Aſtronomen waren im Allgemeinen übereingekommen, ihre Aufmerkſamkeit ſolchen Beobachtungen zuzuwenden, welche zu einer genauen Schätzung der Lichtſtärke der leuchtenden Corona führen zu müſſen ſchienen. Beſonders die italieniſchen Gelehrten, welche des Vortheils genoſſen, ohne ihren Wohnort zu verlaſſen, die totale Finſterniß von 1842 beobachten zu können, hatten in dieſer Beziehung mannichfache ſinnreiche Vorrichtungen getroffen. Ich will hier die Reſultate anführen, welche zu meiner Kenntniß gekommen ſind, ſelbſt diejenigen, in denen die Intenſität der Corona ſich blos implicite als eine Unbekannte findet, welche man nur ſchwierig würde entwickeln und ihrem numeriſchen Werthe nach beſtimmen können.

Viele Beobachter ſtimmen in der Angabe überein, daß die Corona in der Helligkeit ſich änderte; ſie behaupten, daß in den erſten Augenblicken der totalen Verfinſterung das Maximum des Glanzes um die Punkte der Mondſcheibe wahrgenommen wurde, wo die Sonne verſchwunden war. Zu Ende derſelben fand ſich dagegen dies Maximum nach der entgegengeſetzten Region, wo die Sonne hervortreten mußte, verlegt. Als Gewährmänner für dieſe wichtige Bemerkung haben wir: Littrow in Wien, Viola in Mailand u. A.

An verſchiedenen Orten zeigte ſich die Corona mit ſo verſchiedenen Intenſitäten, daß man die Unterſchiede wohl nicht durch die mehr oder weniger große Durchſichtigkeit der Luft würde erklären können, wenigſtens wenn man nicht dem Lichte dieſer geheimnißvollen Lichtſtrahlung beſondere Eigenſchaften beilegte. Wer die Beobachtungen in Frankreich, Italien und Deutſchland mit denen vergleichen will, welche Otto

Struve und Schidlofsky berichtet haben, wird, glaube ich, die Richtigkeit meiner Bemerkung erkennen.

In Perpignan, Mailand und Wien glich das Licht der Corona in seiner Färbung und Helligkeit dem Lichte des Mondes. Vergleichen wir dies Resultat mit den Beobachtungen zu Lipesk im Gouvernement Tambow ($52^{\circ}\,36'\,43'$ n. Br., $2^{h}\,29^{m}\,1^{s}$ östl. von Paris).

„Die Corona hatte einen solchen Glanz, daß man mit bloßen Augen ihren Anblick kaum auszuhalten vermochte.

„Von dieser außerordentlichen Intensität betroffen, gingen unterrichtete Leute sogar soweit, zu behaupten, daß die Sonne nicht völlig verschwunden, daß der innere Ring der Corona ein integrirender Theil ihrer Scheibe gewesen sei!"

Im Augenblicke der totalen Verfinsterung stand die Sonne zu Lipesk $29^{\circ}\,20'$ höher über dem Horizonte als zu Perpignan ($11^{\circ}\,59'$ und $41^{\circ}\,19'$). Sollte diese Höhendifferenz hinreichen, um die außerordenliche Intensität der Strahlenkrone zu Lipesk zu erklären?

Während einer Sonnenfinsterniß ist die Intensität des atmosphärischen Lichtes an einem gegebenen Orte in jedem Augenblicke der Größe des sichtbaren Theils dieses Gestirns proportional, soweit wenigstens, als dies Licht von einer einzigen Reflexion an den Luftmolecülen herrührt. Wenn die Corona vor der gänzlichen Bedeckung der Sonne bemerkt wird, so kann man aus dem zwischen dem Momente dieses Sichtbarwerdens der Corona und dem Augenblicke des Verschwindens der Sonnenscheibe liegenden Zeitraume den Theil dieser Scheibe berechnen, der, wenn er unbedeckt bleibt, das Wahrnehmen der Corona nicht hindert. Werden die Resultate dieser Rechnungen mit gewissen photometrischen Angaben combinirt, so führen sie zu der Kenntniß des Verhältnisses zwischen den Intensitäten des Lichtes der Corona und des Lichtes der durch die ganze Sonne erleuchteten Atmosphäre. Diese Betrachtungen werden den Nutzen der Beobachtungen, die ich jetzt berichten will, würdigen lassen.

In Montpellier nahm Petit das weißliche Licht der Corona 5 bis 6 Secunden vor dem vollständigen Verschwinden der Sonne wahr; Roche, ein junger sehr unterrichteter Beobachter, machte dieselbe Bemerkung.

In Salon, wohin ſich Largeteau begeben hatte, wurde die Strahlenkrone 4 bis 5 Secunden vor dem Momente der totalen Verfinſterung ſichtbar.

Valz hat mir aus Marſeille geſchrieben, daß die Corona noch einige Secunden nach dem Wiedererſcheinen der Sonne ſichtbar war.

In der ganzen Reihe der in Bezug auf den Augenblick des Erſcheinens der Corona gemachten Beobachtungen, dürfte meines Erachtens die folgende von d'Hombres-Firmas angeſtellte die erſte Stelle einnehmen.

D'Hombres-Firmas war in Alais; in dieſer Stadt wurde die Finſterniß nicht total, und doch ſah man die Corona. Nun iſt aber nichts leichter als zu beſtimmen, welches Segment der Sonne im Augenblicke der größten Verfinſterung in Alais unbedeckt blieb, welches Segment der Sonne alſo die Strahlenkrone nicht unſichtbar machte. Der gelehrte Correſpondent des Inſtituts ſagt:

„Jedermann bemerkte den Kreis von blaſſem Lichte, welcher den Mond umgab, als er die Sonne faſt ganz bedeckte.“

Aus der von Francis Baily veröffentlichten Abhandlung geht klar hervor, daß in Pavia die Corona ſich eine gewiſſe Zeit vor dem vollſtändigen Verſchwinden der Sonne zeigte. Nach Baily's Schätzung trat die totale Verfinſterung nur 3 bis 4 Secunden nach dem Erſcheinen der Corona ein.

Ich laſſe hier eine Stelle aus den Beobachtungen folgen, welche Airy, dem Director der greenwicher Sternwarte, von einer Perſon mitgetheilt worden ſind, die ihn nach Superga in der Nähe von Turin begleitet hatte. Bin ich recht unterrichtet, ſo war es Airy's Frau. Ich habe es vorgezogen, eine Indiscretion zu begehen, um der Beobachtung mehr Gewicht zu geben:

„Ein glänzender Lichtſtreifen ſchien ſich vor dem Verſchwinden der Sonne um die rechte Seite des Mondes zu bilden; der Ring war aber damals nicht vollſtändig. Im Augenblicke der totalen Verfinſterung vereinigten ſich plötzlich die beiden Enden dieſes Anfangs eines Ringes, und der ganze Ring war auf dieſe Weiſe gebildet. Er war glänzender auf der linken Seite; es ſchienen Strahlen daraus hervorzuſchießen.“

In Mailand bemerkten Majocchi, Sacchi nnd Picozzi die Corona

einige Secunden vor dem Anfange der totalen Verfinſterung in der Gegend des obern weſtlichen Punktes, wo die erſte Berührung der beiden Geſtirne eingetreten war; es blieben einige Secunden nach dem Austritte noch Spuren derſelben ſichtbar, dies Mal aber auf der entgegengeſetzten Seite, d. h. in der Gegend um einen untern öſtlichen Punkt.

Zur Beſtimmung der abſoluten Intenſität des Lichtes der Corona ſchien es auf den erſten Blick kein directeres und empfindlicheres Mittel geben zu können, als photographiſche Verſuche; ſolche Verſuche hätten aber unter Bedingungen ausgeführt werden müſſen, deren genügende Erfüllung die Kürze der disponiblen Zeit und andere Umſtände nicht geſtatten würden.

So erhielt Cauvy aus Montpellier kein wahrnehmbares Bild der Corona, ſelbſt nicht auf einer bromirten Platte. Ich füge aber ſogleich hinzu, daß der Verſuch nicht mit einem durch eine große Lichtcondenſation im Brennpunkte eines Objectivs gebildeten, ſondern mit dem durch eine Art Megaſkop erzeugten vergrößerten Bilde angeſtellt wurde.*)

In Mailand concentrirten Carlo dell'Acqua und Giambattiſta Cabiati mittelſt einer Linſe zwei Minuten lang das Licht der Corona auf eine bromirte Platte, jedoch ohne eine wahrnehmbare Wirkung zu erhalten.

Es iſt zu bedauern, daß die Dimenſionen der Linſe nicht angegeben worden ſind; denn Jeder weiß, daß man mittelſt hinreichend ſtarker Verdichtungen Bilder vom Monde erhalten hat. Niemanden wird es übrigens entgehen, daß man bei den in Mailand angeſtellten Verſuchen gleichzeitig mit dem Lichte des Mondes und den aus der Atmoſphäre kommenden Strahlen, welche, um auf die Linſe zu gelangen, genau dieſelbe Richtung verfolgten, experimentirte.

In einem Artikel des Doctor Magrini, der in der Gazzetta privilegiata di Milano Sonnabend den 9. Juli erſchienen iſt, wird angegeben, daß das im Brennpunkte eines reflectirenden Hohlſpiegels condenſirte Licht der Corona das Thermoſkop daſelbſt beträchtlich ſteigen ließ. Wurde

*) Cauvy erhielt ſehr intereſſante Reſultate als er die photographiſchen Bilder, welche durch dem Rande mehr oder weniger nahe liegende Theile der Sonne erzeugt waren, mit einander verglich.

der Reflector gegen den Vollmond gerichtet, ſo zeigte die Blaſe eben deſſelben Inſtrumentes keine wahrnehmbare Ortsveränderung.

Dieſer Verſuch iſt nicht ausführlich genug angegeben. Der Verfaſſer ſagt nicht, von welcher Art das angewandte Thermoſkop war. Falls das Inſtrument zwei Kugeln hatte, ſo wiſſen wir nicht, welche Stellung die zweite Kugel einnahm; befand ſie ſich innerhalb oder außerhalb der Concavität des Spiegels? Bei dieſem Zweifel zeigt Nichts an, welchen Antheil an der beobachteten Bewegung des Thermoſkops das Licht hatte, welches von dem in der Richtung des Mondes gelegenen Theile der Erdatmoſphäre herrührte. Um dieſe letztere Urſache des Steigens ſchätzen zu können, hätte man, nachdem die der Annahme nach allein von der Wirkung des Lichtes der Corona herrührende Bewegung des Thermoſkops conſtatirt war, dem Spiegel eine etwas andere Stellung geben, ihn grade ſoweit drehen müſſen, daß kein Strahl der Corona mehr im Brennpunkte concentrirt wurde, und dann das Thermoſkop von Neuem beobachten. Der Unterſchied der beiden Angaben würde ſehr nahe die wahre Wirkung des Lichts der Corona ausgedrückt haben. Die von Doctor Magrini bei ſeinem Verſuche beobachtete Wirkung kann offenbar eine complicirte geweſen ſein.

Während der totalen Finſterniß von 1715 verſicherte ſich Halley, daß das Licht der Corona, womit der Mond umgeben war, keinen Schatten warf. Im Jahre 1842 hat man ähnliche Beobachtungen angeſtellt. Ich will hier die Reſultate derſelben anführen, zuvor indeß bemerken, daß ſich aus ihnen kein Schluß auf die abſolute Intenſität des Lichtes der Corona machen läßt; ſoll nämlich ein Schatten entſtehen, ſo iſt es nothwendig, aber auch genügend, daß das betreffende Licht ein hinreichend großer Bruchtheil des von der Atmoſphäre auf die Tafel, wo die Verſuche angeſtellt werden, geworfenen Lichtes ſei. Als Beweis dafür dient der Mond: er wirft weder während des Tages, noch auch während einer gewiſſen Zeit nach dem Untergange der Sonne, ſo lange nämlich das atmoſphäriſche Licht eine merkliche Intenſität beſitzt, einen Schatten. Nach Eintritt der Nacht iſt dies anders: die vom Monde geworfenen Schatten ſind ſehr wahrnehmbar.

Jaubert de Paſſa übernahm auf meine Bitte in Perpignan die Beobachtungen der Schatten und hat mir darüber folgende Notiz zugeſtellt:

„Ich hatte ein Blatt weißes Papier auf die Bruſtlehne der Teraſſe, und in die Mitte des Papiers einen runden Kieſelſtein von 3 Centimeter Durchmeſſer gelegt. Im Augenblicke der totalen Verfinſterung verſchwand der Schatten des Kieſelſteins vollſtändig. Um mich noch beſſer von dem Verſchwinden der Schatten zu überzeugen, hatte ich vertical auf den Stein einen Bleiſtifthalter geſtellt, der aber auch keinen wahrnehmbaren Schatten warf. Ich hob dann das Papier auf, und hielt es vertical ungefähr 4 Centimeter von dem Bleiſtifthalter; aber auch jetzt beobachtete ich eben ſo wenig einen Schatten wie in den vorhergehenden Verſuchen.“

Pinaud und Boisgiraud ſprechen ſich folgendermaßen aus: „Wir haben zu ermitteln geſucht, ob das Licht der Corona in Narbonne hell genug war, um hinter undurchſichtigen Körpern Schatten zu werfen. Zu dieſem Zwecke war ein ſchwarzer Bleiſtift ſehr nahe vor einem der Sonne zugekehrten Blatte weißen Papiers aufgeſtellt worden: es zeigte ſich aber kein wahrnehmbarer Schatten.“

„Um mich zu überzeugen, ſagt Largeteau, ob die leuchtende Corona zu Salon bemerkbare Schatten erzeugte, ſtützte ich den Zeigefinger der rechten Hand in verticaler Richtung auf einen Tiſch; es bildete ſich augenblicklich ein ſehr ſchwacher, aber doch deutlicher Schatten.“

Belli überzeugte ſich, daß in Padua die Corona keinen merklichen Schatten hervorrief. Dieſe Beobachtung iſt um ſo zuverläſſiger, als der geſchickte Phyſiker Alles vorgerichtet hatte, um nach der bekannten auf Herſtellung gleich intenſiver Schatten gegründeten photometriſchen Methode die relativen Helligkeiten des Lichtes der Corona und des Lichtes einer Wachskerze zu beſtimmen.

Indem Belli ſofort ohne weitere Vorbereitung andere Verfahren anwandte, fand er, daß bei der Winkelhöhe von 19° 45′ über dem Horizonte das Licht der Corona zu dem, welches bei gleicher Höhe der Vollmond auf der Erde verbreitet haben würde, ſich verhielt, wie 1:7. Der Phyſiker von Verona gibt dieſes Reſultat aber nur mit größter Zurückhaltung; und in der That würden die angewandten Methoden, ſowie die Umſtände bei der Beobachtung Bedenken von mehr als einer Art unterliegen.

Dreizehntes Kapitel.

Leuchtende Corona bei der zu Honolulu (auf den Sandwichsinſeln) am 8. Auguſt 1850 beobachteten totalen Sonnenfinſterniß.

Um die Discuſſion, auf welche ich mich zuvor bei Gelegenheit der Finſterniß von 1842 eingelaſſen habe, zu vervollſtändigen, will ich die ſchätzbaren Beobachtungen mittheilen, deren Kenntniß wir dem Commiſſar der franzöſiſchen Republick Herrn Bonnard in Taiti, und Herrn Kutczycki, der die erhaltenen Aufträge gut ausgeführt hat, verdanken; dieſe Beobachtungen ſind während der totalen Finſterniß vom 8. Auguſt 1850 zu Honolulu auf den Sandwichsinſeln angeſtellt worden.

Nach allen Berichten, die uns über totale Sonnenfinſterniſſe zugekommen ſind, war der Mond zur Zeit der völligen Verfinſterung von einem aus weißem Lichte gebildeten gut begrenzten Ringe umgeben, der ſich auf einen weniger leuchtenden Grund projicirte und ziemlich weit erſtreckte. Die Beobachter haben dieſem Ringe nach Schätzung und nicht infolge einer Meſſung eine Breite beigelegt, die zwiſchen 2 und 4 Minuten variirt. Die einen haben ihn für concentriſch mit dem Monde gehalten; die andern ſind der Anſicht geweſen, daß ſein Mittelpunkt mit dem der Sonne zuſammenfalle. Was die alten Beobachtungen unſicher gelaſſen hatten, hat durch die Beobachtung vom 8. Juli 1842 nicht gelöſt werden können. Wir wollen ſehen, was uns in dieſer Beziehung die Finſterniß von 1850 lehrt. Hören wir den Beobachter in Honolulu, Kutczycki:

„Die leuchtende Corona war völlig unregelmäßig; im Ganzen hatte ſie das Ausſehen eines Geſtirns mit mehreren ungleich von einander abſtehenden und verſchieden langen Armen. Sie war gegen die Ränder des Mondes hin leuchtender, ließ aber weder in ihrer Geſammtheit, noch in einem ihrer Theile die Spur eines runden oder rundlichen Saumes, der um beide Geſtirne einen Ring bildete, erkennen; ihr Licht nahm ſehr gleichförmig ab, ohne eine wahrnehmbare plötzliche Aenderung zu zeigen. Eine Beſtimmung, mit welchem der beiden Geſtirne die Corona concentriſch lag, war alſo nicht möglich. Ihr Licht war oder erſchien mir vollſtändig weiß, lebhafter gegen die Ränder des Mondes zu, wie ich ſchon geſagt habe, und von da an abnehmend, bis

sie sich mit der grau violetten Farbe des Himmels vermischte. Die Corona war in der auf den Rand des Mondes senkrechten Richtung noch durch mehrere Linien oder Striche, die schwärzer als das Uebrige waren, gestreift; diese Striche fanden sich überall, aber in größerer Anzahl auf der Westseite des Mondrandes. Dies gab ihr, die Regelmäßigkeit ausgenommen, das Aussehen einer Glorie, wie sie die Maler um die Köpfe der Heiligen anbringen; eine Vergleichung, die sehr oft und mit vollem Rechte angewandt worden ist. Das Ganze war vollkommen unbewegt und glich in keiner Beziehung einem um seinen Mittelpunkt kreisenden Feuerwerke. Diese Unbeweglichkeit war so vollkommen, daß während der ganzen Dauer der totalen Finsterniß einer der dunklen Striche, der mehr als die übrigen hervortrat, stets von einem und demselben Punkte des westlichen Mondrandes ausging und zwar von einem durch eine kleine Hervorragung, der einzigen mit der Vergrößerung des Fernrohrs sichtbaren, leicht kenntlichen Punkte. Die beiden längsten Arme der Corona lagen in fast verticaler Richtung und umspannten bis zu ihrem Ende einen Winkel von 2° 35′; die rechts und links gelegenen Arme hatten eine Ausdehnung von 2° 5′. Der linke Theil war wenigstens zwei mal so lang als der rechte; der obere Zweig war beim Anfange der totalen Verfinsterung ebenfalls merklich länger als der untere; das Gegentheil würde eingetreten sein, wenn die Excentricität des Mondes die Ursache davon gewesen wäre. Der Unterschied war übrigens viel größer als diese Excentricität zu erklären vermöchte, wenn sie in dem Sinne gewesen wäre, wie sie in diesem Falle hätte sein müssen. Hat sich die Corona einige Augenblicke vor oder nach dem Anfange der totalen Verfinsterung gebildet? Ist sie vor oder nach ihrem Ende verschwunden? Diese von Halley und Ulloa in entgegengesetztem Sinne entschiedene Frage habe ich trotz der Schwierigkeit, die mir ihre Entscheidung beim Anfange der totalen Verfinsterung unmöglich machte, doch für das Ende derselben mit Sicherheit zu beantworten vermocht. Sie verschwindet oder vielmehr sie verschwand in Honolulu grade in dem Augenblicke des Austritts des ersten Sonnenstrahles, und ihr Platz schien von diesem Zeitpunkte an völlig dunkel. Ich zweifle nicht, daß sie während der Dauer der Finsterniß vollständig vorhanden ist; indeß genügt das kleinste Stück der

Sonnenſcheibe, um ſie gänzlich verlöſchen zu laſſen, wenigſtens auf der Seite, wo der Austritt der Sonne ſtattfindet. Einen Augenblick vor dieſem Austritte wuchs ihr Licht ſo bedeutend an Intenſität in dem Theile, welcher den Mond berührte, daß es ſchwierig war, daſſelbe mit freiem Auge auszuhalten. Dieſer Gürtel, der beträchtlich leuchtender war als das Uebrige, beſaß nur eine ſehr geringe Breite, und ſeine Grenze war nicht hinreichend ſcharf, um ſie beſtimmen zu können; dies iſt vielleicht die leuchtende Corona, welche bei andern Finſterniſſen manchen Beobachtern die beiden Geſtirne mit einem ſcharf begrenzten Ringe zu umgeben ſchien. Nimmt man dieſen Ring als begrenzt an, ſo würde er ohne Zweifel auf die Sonne centrirt ſein, und ſeine Breite dürfte wohl unter 1′10″ betragen; denn er war während des größten Theils der totalen Verfinſterung vollſtändig vom Monde bedeckt, und der Mondhalbmeſſer übertraf den Sonnenhalbmeſſer nur um dieſe Größe. Dieſer hellere Gürtel hat bis zum Austritte des erſten Sonnenſtrahls, dem die Erſcheinung eines roſenfarbenen gezähnten Kreiſes vorherging, gedauert; im Augenblicke des Austrittes war Alles verſchwunden.“

Ich glaube nicht, daß Jemand in dem eben geleſenen Berichte Kutczycki's ein entſcheidendes Argument zu Gunſten der ſo verführeriſchen Theorie La Hire's und de l'Isle's finden wird, nach welcher die Bildung der Strahlenkrone von der Beugung abhängen ſollte, welche das die Mondränder ſtreifende Sonnenlicht erlitte. Die während der totalen Finſterniß vom 28. Juli 1851, welche im nördlichen Theile Europas ſichtbar war, gemachten Beobachtungen haben die Frage faſt auf demſelben Punkte gelaſſen, auf dem ſie ſich nach der Finſterniß von 1842 befand.

Das Phänomen ſcheint alſo der Gegenſtand neuer Unterſuchungen werden zu müſſen; es iſt den Beobachtern künftiger Verfinſterungen zu empfehlen, ihre Aufmerkſamkeit beſonders auf die Zahl der leuchtenden oder dunklen Strahlen, auf ihre Richtung, ihren Ausgangspunkt in Bezug zum Mondkörper und auf die Art, wie ſie in der Corona endigen, zu richten.

Vierzehntes Kapitel.

Gibt es eine Atmosphäre um den Mond?

Im 6. Kapitel S. 131 habe ich auf eine eigenthümliche Art von Beobachtungen hingewiesen, die in Betreff einer Atmosphäre des Mondes zu bestimmten und zuverlässigen Schlußfolgerungen führen können. Ich muß aber hinzufügen, daß jene Beobachtungen ohne Beweiskraft sind, wenn die Mondatmosphäre die Spitzen der Gebirge, womit dieser Himmelskörper bedeckt ist, nicht überragt. Unter diesem Vorbehalte will ich die Methode wiederholen, und dann angeben, welches Resultat die Finsterniß von 1842 geliefert hat.

Während einer Sonnenfinsterniß projicirt sich der Mond schwarz und in seiner wahren Form auf die Sonne. Der sichtbar gebliebene Theil der Sonne wird also stets durch zwei Kreisbogen begrenzt. In den Punkten, wo diese beiden Bogen zusammentreffen, bilden sie krummlinige Winkel, die man die Hörner nennt. In gewissen Augenblicken können diese Hörner sehr spitz und sehr schmal werden.

Die von der Sonne kommenden Lichtstrahlen, welche äußerlich die Spitzen der Hörner selbst und die benachbarten Theile begrenzen, haben, bevor sie ins Auge des Astronomen gelangen, den Mond gestreift oder fast gestreift. Ist nun der Mond von einer merklichen Atmosphäre umgeben, so wird jeder dieser Strahlen in einer auf die Gegend der Mondoberfläche, neben welcher er vorbeigegangen ist, senkrechten Richtung abgelenkt werden, und zwar in einem, seinem Abstande von dieser Gegend entsprechenden Grade. Durch die Wirkung dieser ungleichen Brechungen wird die kreisförmige Gestalt des Sonnenrandes in der Nähe der Ränder verändert erscheinen.

Während der verschiedenen Phasen der Finsterniß vom 8. Juli 1842 ist in Perpignan keine dauernde derartige Veränderung wahrgenommen worden. Von Zeit zu Zeit erschienen die Hörner stumpf oder abgestutzt; dies war aber das Resultat der Zwischenstellung irgend eines auf dem Rande der Mondscheibe gelegenen Berges. Es zeigten sich nämlich diese Abstumpfungen bald an dem einen, bald an dem andern Horne; eine Atmosphäre des Mondes würde dagegen eine dauernde Deformation hervorgebracht haben.

Die Thatſache, welche aus unſern Beobachtungen in Perpignan hervorgeht, daß nämlich der äußere Bogen der Hörner ſtets eine kreisförmige Geſtalt beſitzt, hat die Aſtronomen, ſeitdem man den Finſterniſſen eine ernſtliche Aufmerkſamkeit zuwendet, zu lebhaft beſchäftigt, als daß ich nicht alle diejenigen namentlich anführen ſollte, die im Jahre 1842 zu demſelben Schluſſe gelangt ſind.

Airy ſah in Superga bei Turin die Hörner regelmäßig und vollkommen ſpitz.

In Padua erſchienen Santini die Hörner ſpitz und ſehr ſcharf begrenzt; er merkte weder Anſchwellungen noch Verzerrungen irgend einer Art.

Conti beſtätigt die Wahrnehmungen ſeines Collegen.

Biela, der ebenfalls zu Padua beobachtete, ſagt in ſeinem Berichte: „Die Enden der Hörner waren äußerſt ſpitz; ſie zeigten weder Verlängerungen noch unregelmäßige Krümmungen.“

Aber nicht blos durch die Beobachtung der Geſtalt der Hörner hofften wir einige genauere Kenntniſſe über das Vorhandenſein und die Eigenſchaften der Mondatmoſphäre zu erlangen. Anderweitige Beobachtungen, nämlich Beobachtungen über den Vorübergang der Mondſcheibe vor den ſogenannten verlängertern Fackeln, welche die Sonnenoberfläche darbietet, ſchienen zu demſelben Ziele führen zu können (6. Kap. S. 132).

Während der Finſterniß vom 8. Juli 1842 ſah man auf der Sonnenſcheibe Fackeln, die ſich durch ihre Form und durch die Gleichförmigkeit ihres Lichtes vollkommen eigneten, um zu unterſuchen, ob die Theile der gradlinigen Fackeln, welche in der Nähe der ſchwarzen Scheibe lagen, dieſelbe Intenſität beſaßen, als die übrigen Theile; ob ſie eine ſchwache Verzerrung erfuhren, die man einer Brechung der Lichtſtrahlen in der Atmoſphäre unſeres Satelliten hätte zuſchreiben können. Trotz aller unſerer Sorgfalt und ungeachtet der zahlreichen Ein- und Austritte von Fackeln, die wir aufzeichnen konnten, gelang es indeß meinen Mitarbeitern und mir nicht, die geringſte Spur von einer Mondatmoſphäre wahrzunehmen. Eugen Bouvard war zu Digne nicht glücklicher. Keine der Fackeln, die er unter die dunkle

Scheibe des Mondes treten oder wieder frei werden ſah, erſchien in ihrer Form oder in ihrer Intenſität geändert.

Ich habe mich hier nicht mit denjenigen Beſchreibungen der Finſterniß zu beſchäftigen, in welchen der Fackeln keiner Erwähnung geſchieht: die Verfaſſer derſelben haben vielleicht nicht geſucht, dieſe merkwürdigen Lichtzuſtände zu entdecken, ſei es daß ſie durch die Zeit gedrängt waren, oder daß die von mir vorgeſchlagene Beobachtung ihnen keine Ausſicht auf Erfolg darzubieten ſchien. Das Wort Fackel findet ſich meines Wiſſens nur in der Brochure der Profeſſoren der Phyſik von Toulouſe. „Was die Beobachtung der Sonnenfackeln anbetrifft (ſind ihre Worte), welche Arago empfohlen hatte, um zu erfahren, ob ſich um die Mondſcheibe ein Halbſchatten bilde, der von dem Vorhandenſein einer dieſen Satelliten umgebenden Atmoſphäre herrührt, ſo iſt es uns unmöglich geweſen, dieſelben mit unſern ohne Zweifel zu ſchwachen Fernröhren zu entdecken; wir müſſen indeß ſagen, daß nach einer ſo aufmerkſamen Betrachtung als möglich zu urtheilen, die ſichtbare Oberfläche der Sonnenſcheibe uns durch unſere farbigen Gläſer ſtets von gleichförmigem Glanze, und gleicher Helligkeit in allen ihren Punkten erſchienen iſt.“

Obgleich negative Reſultate gut conſtatirten poſitiven Thatſachen gegenüber im Allgemeinen ohne Werth ſind, obgleich die ſo eben geleſene Stelle die Beobachtungen der drei Aſtronomen in Perpignan und des Aſtronomen in Digne nicht zu entkräften vermag: ſo will ich doch zur Ehre der Wahrheit den Herrn Profeſſoren von Toulouſe, die ſich aus ſehr lobenswerthem Eifer nach Narbonne begeben hatten, ſagen, daß wenn ſie am 8. Juli 1842 keine der zahlreichen Fackeln, womit damals die Sonne bedeckt war, bemerkten, man dieß nicht ausſchließlich der geringen Kraft der von ihnen angewandten Fernröhre und des benutzten gregorianiſchen Teleſkops zuſchreiben darf. Die Fackeln wurden mit äußerſt mäßigen Inſtrumenten und ſehr ſchwachen Vergrößerungen von Galilei entdeckt und von Scheiner unterſucht; das beſte Fernrohr, deſſen ſich Galilei jemals bedient hat, vergrößerte 32 mal.

Fünfzehntes Kapitel.

Gibt es auf dem Monde bisweilen kleinere oder größere Räume, die von ſelbſt leuchten? Beſitzt die Oberfläche unſeres Satelliten brennende Vulkane? Wird die Atmoſphäre des Mondes (wenn eine ſolche exiſtirt) von Blitzen durchzuckt?

Die in der Ueberſchrift dieſes Kapitels aufgeführten Fragen waren in dem Aufſatze, den ich vor der Finſterniß von 1842 veröffentlicht habe und der den Anfang des gegenwärtigen bildet, geſtellt worden; ſie hatten ihren Grund in den älteren Beobachtungen von Halley, Louville, Antonio de Ulloa u. A., deren ich oben im 5. Kapitel S. 124 gedacht habe.

Während der totalen Finſterniß von 1778 ſahen, wie ich dies berichtet habe, Ulloa, Aranda und Wintuiſen in dem nordweſtlichen Theile des Mondes einen leuchtenden Punkt, der ſucceſſive glänzte wie die Sterne vierter, dritter und zweiter Größe. Ulloa erklärte ſeine Beobachtung auf eigenthümliche Weiſe: er glaubte durch eine Spalte der Mondkugel, deren ganze Länge nach Lalande's Berechnung nicht weniger als 50 Meilen betragen haben würde (6. Kap. S. 129), die Sonne geſehen zu haben.

Obgleich die Beobachtung der beiden ſpaniſchen Officiere mit Rückſicht darauf, daß ſie von einem Schiffe aus auf dem Meere gemacht war, von den Aſtronomen nicht mit vollem Vertrauen aufgenommen worden war, ſo beeilte ſich doch Jeder am 8. Juli 1842 nachzuſehen, ob nicht irgend ein leuchtender Punkt ähnlich wie 1778 ſich innerhalb oder in der Nähe des kreisförmigen dunkeln Umfangs unſeres Satelliten zeigen würde.

In Perpignan ſahen wir trotz der Stärke unſerer Fernröhre nichts Aehnliches; ebenſowenig finde ich eine derartige Beobachtung in den Notizen, welche Eugen Bouvard und Petit mir zugeſandt haben.

In Pavia bemerkte Baily keinen leuchtenden feſten Punkt auf der Mondſcheibe.

In Superga war Airy nicht glücklicher.

Dies ſind zahlreiche negative Reſultate; ich komme jetzt zu ganz entgegengeſetzten Angaben.

„Einer von uns, sagen Pinaud und Boisgiraud in ihrer Abhandlung, hat um die Mitte der totalen Verfinsterung sehr deutlich plötzlich einen glänzenden von einer lebhaften kreisförmigen Scintillation umgebenen Punkt erscheinen sehen, der unveränderlich in dem unteren südsüdöstlichen Theile, etwas links vom verticalen Durchmesser nahe am Umfange der Scheibe blieb. Der glänzende Punkt verschwand erst einen Augenblick vor dem Ende der totalen Verfinsterung."

Diese Stelle läßt Vieles zu wünschen übrig: derjenige der vier Beobachter in Narbonne, welcher den leuchtenden Punkt sah, durfte nicht ermangeln, seine Mitarbeiter von der ihm zu Gesicht gekommenen Erscheinung in Kenntniß zu setzen. Warum ist dann aber nicht angeführt, ob auch nach dieser Mittheilung des bevorzugten Beobachters der von einer lebhaften kreisförmigen Scintillation umgebene glänzende Punkt fortdauernd für die drei anderen Beobachter unsichtbar blieb? Man darf vermuthen, daß um sich gegen jede Fehlerquelle zu schützen, jener Beobachter, welcher den strahlenden Punkt entdeckte, ihn auch wenigstens mit einem der drei übrigen ihm zur Hand befindlichen Fernröhre zu sehen suchte; man hätte einen so wesentlichen Umstand nicht vergessen sollen. Diese Erklärungen hätten vielleicht bedenkliche Personen gehindert, eine so schätzbare Beobachtung mit Unrecht als bloße Wirkung irgend einer optischen Täuschung zu betrachten.

Die Abbildung, welche die toulouser Professoren gegeben haben, setzt den strahlenden Punkt in einen Abstand vom Rande der Mondscheibe, der ungefähr den siebenten Theil ihres Halbmessers beträgt. Diese Lage, dieselbe als genau gezeichnet angenommen, würde sich mit der Erklärung des Antonio d'Ulloa nicht vereinigen lassen; sie würde erfordern, daß der Mond von einer Seite zur andern von einem Loche durchbohrt wäre, dessen Länge nicht wahrscheinlich sein dürfte. Dieses Loch hätte sich übrigens infolge seiner Lage im unteren Theile des Mondes wenige Minuten nach dem Anfange der Finsterniß auf die Sonne projiciren müssen, und erst nach dem Ende der vollständigen Verfinsterung dieses Gestirn verlassen können. Der strahlende Punkt hätte also gegen funfzig Minuten lang sichtbar sein müssen.

In Barcelona hat, wie mir Herr Presas schreibt, ein Mediciner,

Pedro Vieta, angekündigt, daß er das Loch Ulloa's im unteren Theile des Mondes geſehen habe. Das Licht, welches durch dieſes Loch hindurchgegangen, ſei eben ſo intenſiv geweſen, wie das der Sonne. Das Loch ſoll nach Vieta's Angabe krumm, und eine Viertelſtunde nach dem Zeitpunkte der Conjunction der beiden Geſtirne drei Minuten lang ſichtbar geweſen ſein.

Ich bin nicht im Stande zu errathen, wie Vieta zu erkennen vermocht hat, daß das Loch krumm war. Sodann muß ich bemerklich machen, daß das von Ulloa angebene Loch ſich in dem oberen und nicht in dem unteren Theile des Mondes befand, und endlich hinzufügen, daß der Profeſſor der Schifffahrtskunde, Ezequiel Calvet, welcher neben Vieta beobachtete, trotz aller Anſtrengungen weder das blendende Licht, noch das krumme Loch, wovon ihn ſein Nachbar unterhielt, zu ſehen vermochte.

Herr Valz hat während der totalen Verfinſterung auf dem Monde ſehr lebhafte Lichtpunkte geſehen. Die Erklärung, welche er davon gibt, hat einige Aehnlichkeit mit der von Ulloa ausgeſprochenen. Der Leſer wird ſie übrigens kennen lernen, denn ich will ſogleich die Hauptſtellen der Briefe, die ich von meinem Freunde, dem Director des marſeiller Obſervatoriums empfangen habe, vollſtändig mittheilen. Die Beobachtungen, auf welche ſich dieſe Stellen beziehen, unterſcheiden ſich durch einen weſentlichen Umſtand von denen, welche im Jahre 1842 in der ganzen Ausdehnung der Zone, wo totale Dunkelheit herrſchte, gemacht wurden: Herr Valz glaubte innerhalb des Mondrandes leuchtende Punkte zu ſehen, die zu Perpignan, Montpellier, Narbonne, Viſan, Toulouſe, Superga, Pavia, Mailand, Padua, Wien und Lipesk (Rußland) ſich offenbar außerhalb dieſes Randes zeigten. *) Dieſe Abweichung iſt ſehr auffallend, und ich geſtehe offen, wenn mir die große Geſchicklichkeit von Valz weniger bekannt wäre, ſo würde ich geglaubt haben, dies Mal die marſeiller Beobachtungen ganz bei Seite legen zu müſſen.

„Vierzig Secunden vor dem Ende der totalen Verfinſterung,

*) Die in dieſen Städten gemachten Beobachtungen werden ſpäter erörtert werden.

ſagt Valz in einem Briefe vom 30. Juli 1842, ſah ich in der Nähe des Mondrandes, wo ich das Wiedererſcheinen der Sonne erwartete, zwei nahe bei einander ſtehende, ſehr glänzende Punkte, glänzender ſelbſt als die Sterne erſter Größe. Ihr Licht war weiß, ähnlich dem Sonnenlichte. Von jedem dieſer Punkte ging ein Lichtſtreifen aus, welcher demjenigen glich, den man in einem dunkeln Zimmer von der Oeffnung ausgehen ſieht, durch welche das Sonnenlicht eindringt; er war aber ſtärker divergirend und hatte ſehr genau die Lage der Streifen, welche den Heiligenſchein bilden. Vom Augenblicke dieſer Erſcheinung an hatte ich die Ueberzeugung, daß ich Punkte der Sonnenſcheibe ſähe, und ich glaube nicht, daß man nach den vorſtehenden Details eine ſolche Annahme zurückweiſen kann. Funfzehn Secunden ſpäter zeigte ſich ein dritter glänzender Punkt mehr im Norden, der ebenfalls einen divergirenden und zur Bildung eines Theiles des Heiligenſcheins beitragenden Streifen erzeugte.“

Valz berichtet mir, mit bloßen Augen ſeien an dem Mondrande leuchtende Punkte in Marſeille, Aix, Anduſe, auf dem Schloſſe von Maſſillargues, in Nimes u. ſ. w. geſehen worden. Er ſetzt hinzu, daß Billet, Profeſſor der Phyſik am marſeiller Gymnaſium, deutlich den ſchmalen Zwiſchenraum, welcher die leuchtenden Punkte vom Rande unſeres Satelliten trennte, mit einem Rochon'ſchen Prismenfernrohre, das 24mal vergrößerte, unterſchied.

Valz fährt dann folgendermaßen fort: „Aus der relativen Bewegung der beiden Geſtirne folgt, daß die beiden erſten leuchtenden Punkte 20 Secunden vom Rande des Mondes entfernt waren, d. h. um $^1/_{30}$ des Halbmeſſers, oder daß ſie in einem Abſtande von 4 Meilen, von der Peripherie aus in der Richtung eben dieſes Halbmeſſers gezählt, lagen. In dem Abſtande von 4 Meilen würde ein von der Vorderfläche bis zur Hinterfläche des ſphäriſch angenommenen Mondes gehendes Loch eine Länge von mehr als 70 Meilen haben müſſen. Dies iſt ohne Zweifel eine ungeheure Größe; ein ſolches Reſultat wird wenig annehmbar erſcheinen; indeß die Zahlen ſind unbeugſam. Ich werde übrigens nicht, wie Ulloa, die Vorausſetzung machen, daß es auf dem Monde eine Art von gebohrtem Brunnen gebe, der ihn in der Richtung einer ſeiner Sehnen von der einen Seite bis zur andern

durchſetze; dagegen glaube ich an ein großes und langes Erhebungsthal, welches von fern geſehen oben durch das infolge der Projection eintretende Uebereinanderlegen der hervorſpringenden Winkel an den Gebirgswänden, die es begrenzen, geſchloſſen erſcheint, während der Grund ſeine natürliche gradlinige Form behalten hat. Wie kann man, wird man ſagen, an ein 4 Meilen unter der allgemeinen Oberfläche des Mondes eingeſchnittenes Thal glauben? Wer dieſe Erklärung nicht annehmen will, wird eine beſſere ſuchen müſſen. Uebrigens iſt uns die phyſiſche Conſtitution des Mondrandes nicht bekannt, und es können dort Vorgänge eingetreten ſein, wovon wir keine Vorſtellung haben ....“

In einem andern Briefe vom 6. October 1842 ſchrieb mir Valz:

„In einer Zeitung habe ich geleſen, daß Sie meine Erklärung der Lichtpunkte nicht annehmen. Mir iſt dieſe Erklärung als die nothwendige Conſequenz aus den Thatſachen erſchienen. Vulkane würden derartige Strahlen nicht hervorbringen können .... In dem Berichte über ſeine Reiſe längs des Amazonenſtroms ſpricht La Condamine von einer Localität, dem Uebergange des Pongo, wo man analoge Formen ſieht, wie diejenigen, welche man den Mondthälern zuſchreiben muß, um die Erſcheinung der Lichtpunkte in der Nähe der Ränder zu erklären ....

„Was die äußeren leuchtenden rothen Punkte, von denen einige Beobachter geſprochen haben, betrifft, ſo habe ich nicht die geringſte Spur davon geſehen. Wären ſie wirklich vorhanden geweſen, ſo hätte man ſie allgemein ſehen müſſen; ich betrachte ſie als eine optiſche Täuſchung.“

Valz war ſchlecht unterrichtet, als er glaubte, die äußeren leuchtenden Punkte wären nicht allgemein wahrgenommen worden. Man wird weiter hin ſehen, daß die marſeiller Beobachtung allein als Ausnahme genannt werden muß.

Ich weiß nicht, ob mein ſcharfſinniger Freund und College bemerkt hat, daß es nach ſeiner Hypotheſe von Zeit zu Zeit am Tage der Oppoſition oder des Vollmondes in der Nähe des Randes unſeres Satelliten vollſtändig dunkle Partieen geben müßte. Durch den Mond von einer Seite bis zur anderen hindurchgehende Oeffnungen, Räume ohne feſte Materie würden gegen die Erde kein merkliches Licht zurück-

strahlen. Man wird sagen, es sei, um von den leuchtenden Punkten Rechenschaft zu geben, nicht nöthig, den Oeffnungen große Dimensionen beizulegen; darauf werde ich antworten, daß man mit den Vergrößerungen, wovon heutigen Tages die Astronomen Gebrauch machen, äußerst kleine Objecte auf dem Monde sieht; ich würde nicht zugeben können, daß in 20 Secunden Abstand vom Rande das Vorhandensein eines 4 Meilen tiefen Thales von den Beobachtern nicht sollte wahrgenommen worden sein.

Gehen wir jetzt zu Louville's sich schlängelnden Lichtern über.

Niemand hat sie trotz der Stärke der Fernröhre und der größten den Beobachtungen zugewandten Aufmerksamkeit wahrgenommen.

Von Blitzen, von momentanen und nicht geschlängelten Lichtstreifen haben blos die Beobachter in Venedig geredet:

„Von Zeit zu Zeit, sagt der Abbé Zantedeschi, sah man (auf dem Monde) schwache intermittirende Blitze, wie Streifen phosphorischen Lichtes, die mit schwarzen Strahlen untermischt waren.

„Die Oberfläche des Mondes wurde, nach Wüllerstorff, von Zeit zu Zeit von leuchtenden Strahlen durchkreuzt."

In Venedig, wo die totale Finsterniß von sehr kurzer Dauer war, mußte die Zahl dieser Blitze, dieser Lichtstreifen sehr gering sein. Man kann sie daher in aller Strenge erklären, ohne etwas Brennbares auf der Oberfläche unseres Satelliten anzunehmen, wenn man einfach die Voraussetzung macht, daß mehrere Feuerkugeln, mehrere Sternschnuppen sich zwischen den Mond und den Beobachter stellten. Findet man etwas Gezwungenes in dieser Hypothese, so ist hier meine Antwort:

Zur Zeit der totalen Verfinsterung am 8. Juli 1842 sah einer meiner Jugendcameraden, Herr François Gonsalvo zu Estagel, zwei leuchtende Meteore den Himmel gerade nach der Gegend hin durchfliegen, welche die in Conjunction befindlichen Gestirne einnahmen. Man kann wohl nicht zweifeln, daß bei passender Wahl des Standpunktes die Meteore sich auf die Mondscheibe selbst projicirt haben würden.

Denken wir uns nun einen die Erscheinung mit einem Fernrohre beobachtenden Astronomen an dieser zweiten Station aufgestellt: das

Meteor dringt in das Geſichtsfeld des Inſtruments; wenn ſein Licht nicht hinreichend die Helligkeit der Corona übertrifft, ſo iſt es noch nicht ſichtbar; aber bald projicirt es ſich infolge ſeiner fortſchreitenden Bewegung auf die dunkle Scheibe des Mondes; dann wird es ſehr wahrnehmbar. Dieſer Stand der Dinge beſteht bis zu dem Augenblicke, wo es nach Vollendung ſeines Laufes längs einer Sehne jener Scheibe an dem entgegengeſetzten Rande anlangt, ſich zum zweiten Male auf die Corona projicirt und verſchwindet.

Ich muß diejenigen enttäuſchen, welche meinen ſollten, der von Gonſalvo beobachtete Vorgang ſtehe vereinzelt da. In Italien hörte Piola von verſchiedenen Perſonen, daß ſie während der kurzen Dauer der totalen Verfinſterung Sternſchnuppen und eine Feuerkugel geſehen hätten. Die Bahn der Feuerkugel lag dem Orte, wo der Mond ſtand, ſo nahe, daß es geſchienen hatte, als löſte ſie ſich von dieſem Geſtirne ab.

Sechszehntes Kapitel.

Ueber die dunkeln Verbindungslinien zwiſchen dem convexen Rande des Mondes und dem anſtoßenden concaven Sonnenrande.

Vor der Finſterniß von 1842 hatte ich die Aufmerkſamkeit der Beobachter auf das Auftreten gewiſſer geradliniger, breiter, paralleler, vollkommen ſchwarzer und ſcharf begrenzter Striche gelenkt, welche, den Zähnen eines Kammes vergleichbar, von mehreren Aſtronomen in dem Augenblicke wahrgenommen worden waren, wo der convexe Rand des Mondes dem concaven Sonnenrande von der inneren Seite ſehr nahe rückte. Im vierten Kapitel dieſes Aufſatzes (S. 123) findet ſich die Beſchreibung der Erſcheinung, wie ich ſie einige Zeit vor der Finſterniß veröffentlicht hatte.

In Perpignan harrten wir unſererſeits mit größter Spannung auf das Eintreten der von Hrn. Baily ſo gut beſchriebenen Phänomene; nichtsdeſtoweniger gelang es Keinem von uns die mindeſte Spur jener Verbindungslinien zu entdecken. Einzelne Mondberge in der Nähe der Hornſpitzen ließen die äußerſten Enden derſelben auf

Augenblicke von der übrigen Sichel getrennt erſcheinen, aber dies war mit den Perlenreihen des engliſchen Aſtronomen nicht zu vergleichen, welche als eine der charakteriſtiſchen Phaſen der totalen oder ringförmigen Sonnenfinſterniſſe bezeichnet wurden.

Die Herren Pinaud und Boisgiraud ſprechen von „ſchwarzen Verbindungslinien, welche die beiden Ränder der Sichel zu vereinigen ſchienen," und ihnen 20—25 Secunden lang ſichtbar waren. Auch bemerkten die beiden Beobachter von Narbonne zahlreiche bewegliche Zähne (dentelures), doch läßt ſich nach dem Wortlaute ihrer Erzählung meines Bedünkens nicht behaupten, daß ſie die Perlenreihe geſehen haben.

In Montpellier erblickte der Abbé Peytal die Erſcheinung der Perlenreihe im Moment des Beginnens der totalen Verfinſterung, und zwar nur eine halbe Secunde lang; vorher ging die Erſcheinung ſchwarzer Linien, „deren Lage auf der Sichel, ſagt er, nicht zu beſtimmen war, weil ſie fortzulaufen ſchienen."

Hr. Roche ſah, wie Hr. Peytal, ſchwarze Linien parallel mit ſich ſelbſt die Sichel entlang laufen; die Perlenreihe nahm er nicht wahr.

Hr. Valz in Marſeille beobachtete keine Spur weder von den Verbindungslinien, noch von der eigentlich ſogenannten Perlenreihe.

Jeder wird begreifen, daß Hr. Baily ſelbſt die angeſtrengteſte Aufmerkſamkeit den Linien und Perlen zuwandte, welche ihm in Schottland ſo auffallend geweſen waren. Ihre Beobachtung bildete den Hauptzweck ſeiner nach Italien unternommenen Reiſe. Unter dem günſtigſten Himmel konnte 1842 Baily in Pavia keine Spur der ſchwarzen Striche oder Verbindungslinien entdecken; dagegen zeigte ſich ihm deutlich die Erſcheinung der ſogenannten Perlenreihe: the beads, ſagt er, were distinctly visible.

In Superga bei Turin beſtrebte ſich der Director der Sternwarte zu Greenwich, Airy, ohne Erfolg die Verbindungslinien, ſo wie die Reihen getrennter leuchtender Punkte wahrzunehmen, welche man Perlenſchnüre genannt hat. Sowohl im Momente des Eintritts der totalen Finſterniß, als unmittelbar nach dem Wiedererſcheinen der Sonne widmete er dieſer Unterſuchung ſeine ganze Sorgfalt.

In Padua erſchien die außerordentlich ſchmal gewordene Sichel

im Augenblicke ihres Verſchwindens Hrn. Biela wie aus getrennten Sternen beſtehend.

In Venedig betrug die Anzahl dieſer Sterne, mit anderen Worten die Zahl der unterſcheidbaren Punkte, auf die ſich der letzte ſichtbare Saum der Sonnenſcheibe reducirte, acht bis neun.

Obgleich die Finſterniß in Neapel nicht total war, ſo wendete Hr. Antonio Nobile dennoch die Aufmerkſamkeit im geeigneten Moment dem Auftreten der Verbindungslinien und der Perlenſchnüre zu, allein ohne eine Spur davon zu bemerken.

Aus der Geſammtheit dieſer Beobachtungen geht die wichtige Folgerung hervor:

Die ſchwarzen Verbindungslinien haben keinen reellen Grund und ſind an keine von der phyſiſchen Conſtitution der Sonne oder des Mondes abhängigen Eigenſchaften geknüpft: man hat ſie vielmehr als das Reſultat einer anomalen Lichtwirkung (jeux de lumière) in der Atmoſphäre, im Fernrohr oder im Auge des Beobachters aufzufaſſen. Wäre dem nicht ſo, ſo hätten die Aſtronomen in Perpignan, in la Superga und Pavia das fragliche Phänomen ebenſo gut wahrnehmen müſſen, wie in Narbonne und Montpellier; denn daſſelbe gehört nicht etwa zur Gattung der ſich durch flüchtige photometriſche Nüancen kundgebenden Erſcheinungen, deren Auffaſſung eine Vereinigung von außerordentlichen Umſtänden erfordert. Schwarze Striche, auf die Sonnenſcheibe projicirt, würden auch dem ungeübteſten Beobachter nicht entgehen, ſelbſt wenn er bei nebligem Himmel mit einem ſehr mittelmäßigen Fernrohre ausgerüſtet ſein ſollte. In dem vorliegenden Falle aber bemerkten die Aſtronomen vom Fache Nichts von den Kammzähnen, welche von den mit dem Gebrauche der Inſtrumente weniger vertrauten Liebhabern gleichwohl in großer Zahl wahrgenommen wurden.

Ich habe mich überzeugt, daß die Verbindungslinien auf eine weit einfachere Urſache zurückzuführen ſind, als man zu meinen ſcheint: ich habe nämlich gefunden, daß ſie eine nothwendige und unabweisbare Folge des undeutlichen Sehens bilden. Der Aſtronom, der das Ocular ſeines Fernrohrs äußerſt ſcharf für ſeine Augen eingeſtellt hat,

darf das Phänomen nicht wahrnehmen, während die Striche unfehlbar auftreten, sobald diese Bedingung nicht erfüllt ist.

Siebzehntes Kapitel.

Von der Sichtbarkeit desjenigen Stückes der Mondscheibe, welches sich nicht auf die Sonne projicirt.

Ungefähr vierzig Minuten nach dem Beginne der Finsterniß vom 8. Juli 1842, um 5 Uhr 35 Min. nach unserer Uhr, sah ich den Mondrand sich auf dem Himmel abzeichnen. Derselbe bildete genau die Verlängerung des dunkeln Kreisbogens, welcher die Begrenzung des vor der Sonne stehenden Stückes der Mondscheibe darstellte, und traf mit letzterem in zwei Punkten des Sonnenrandes zusammen.

Dabei erschien der Bogen außerhalb der Sonne (in meinem Fernrohre) links schärfer begrenzt als auf der rechten Seite, und war in der Nähe der Sonnenperipherie besser sichtbar, als anderswo.

Meine beiden Mitarbeiter, die Herren Laugier und Mauvais, denen ich meine Beobachtung sofort mittheilte, konnten mit ihren Fernröhren jedoch keine Spur des Mondrandes entdecken, wo sich derselbe auf den Himmel projicirte, während sie die fragliche äußere Partie gleich mir mit vollkommener Deutlichkeit wahrnahmen, als ich sie durch mein eigenes Instrument blicken ließ. Späterhin gelang Hrn. Mauvais die Beobachtung auch in seinem Fernrohre.*)

Die Note, welche ich von Hrn. Eugen Bouvard über die in Digne gemachten Beobachtungen erhalten habe, enthält folgende Stelle:

„Um 6 Uhr 40 Min. (38 Minuten nach dem Moment der totalen Verfinsterung, und 23 Minuten vor dem Ende der Finsterniß), habe ich die Mondscheibe fast ganz gesehen, wie wenn man das aschfarbene Licht wahrnimmt; aber der an die Sonne stoßende Rand war immer am hellsten.“

*) Das Fernrohr, dessen sich Hr. Mauvais bediente, hatte eine weit größere Oeffnung als das meinige: das Verhältniß der Oberflächen der Objective war bei unseren beiderseitigen Fernröhren wie 26 zu 10.

Hr. Flaugergues in Toulon bediente sich eines Spiegelteleskops von 60 Centimeter (= 22 Zoll) Länge. Trotz der Kleinheit dieses Instruments erkannte Hr. Flaugergues deutlich die Umrisse des Mondes außerhalb der Sonne. Mit folgenden Worten theilt der genannte Lehrer an der Marineartillerieschule seine Beobachtung mit:

„Etwa um die Mitte der zunehmenden Finsterniß war die Scheibe des Mondes in der Länge eines Bogens von ungefähr 25 Graden, von jedem der beiden Durchschnittspunkte der beiderseitigen Ränder an gerechnet, sichtbar; als die Finsterniß 11 Zoll betrug (d. h. 11 Zwölftel des Durchmessers), konnte man die ganze Mondscheibe sehen, indem der Lichtschimmer sich weiter ausgebreitet hatte, ohne dabei lebhafter zu werden."

Den vorstehenden Beobachtungen glaube ich die folgende Bemerkung an die Seite stellen zu können, welche einem in der Gazzetta privilegiata di Milano abgedruckten Artikel des Doctor Magrini entlehnt ist:

„Das sogenannte aschfarbene Licht schien nahe bei der Sonnenscheibe heller zu sein, sowohl vor dem Eintritte als nach dem Austritte."

Das Sichtbarwerden der Seite der Mondscheibe, welche außerhalb der Sonne stand und vom Rande der letzteren selbst ziemlich weit entfernt war, hätte zu interessanten Beobachtungen Anlaß geben können. Es kam mir sogleich der Gedanke, das Bild der Sonne aus dem Gesichtsfelde zu entfernen, und die Umrisse unseres Satelliten ohne gefärbtes Glas zu untersuchen; allein die Befürchtung vor einem der den Astronomen bekannten Blendungsanfälle, welche zuweilen Tage, Wochen, ja Monate lang andauern, ließ mich von meinem Plane abgehen, weil ich verhindert worden wäre, die übrigen Phasen der Finsterniß mit Genauigkeit zu verfolgen. Ueberdem glaubte ich mich zu erinnern, daß Hr. Baily in einer seiner Abhandlungen Van Swinden und Bessel als solche citirt, welche während der ringförmigen Finsternisse der Jahre 1820 und 1836 den Rand des Mondes außerhalb der Sonnenscheibe wahrgenommen hätten. In diesem Gedanken war ich der Meinung, daß hier einfach die Bestätigung einer bereits früher gemachten Bemerkung vorläge.

Nach meiner Rückkehr nach Paris entschloß ich mich die Originalabhandlungen von Van Swinden und von Bessel nachzusehen, um denjenigen, welche vor uns beobachtet hatten, volle Gerechtigkeit widerfahren zu lassen. Dabei erkannte ich denn, daß die Beobachtungen dieser beiden berühmten Astronomen von unserer in Perpignan gemachten Wahrnehmung vollständig verschieden waren. In der That beziehen sich jene früheren Beobachtungen auf die Regionen in unmittelbarer Nähe der Sonne, auf die Stellen also, wo die Flammen entstehen, welche aus der Mondscheibe hervorzuschießen scheinen, und wo die letztere kaum über die verfinsterte Sonnenscheibe hervorragt; wir werden im letzten Kapitel dieses Aufsatzes darauf zurückkommen. In Perpignan, Digne und Toulon dagegen handelte es sich um die Sichtbarkeit der Umrisse des Mondes auf freiem Himmel und in sehr beträchtlichem Abstande vom Rande der Sonne.

Bevor wir die Beobachtung von Perpignan weiter erörtern und soviel als möglich zu erklären suchen, haben wir zu prüfen, ob nicht von älteren Astronomen etwas Analoges bemerkt worden ist. Der Leser wird sich erinnern, daß hier von einem Himmelskörper ohne eigenes Licht die Rede ist, der zwischen der Sonne und der Erde befindlich, also auf der für uns nicht sichtbaren Seite erleuchtet ist, und dennoch sichtbar wird, indem er sich auf Gegenden des Himmels in der Nähe der Sonne projicirt.

Die folgende Beobachtung stammt aus dem Jahre 1736:

Bei dem Vorübergange des Mercur vor der Sonne, am 11. November des genannten Jahres, sah Plantade zu Montpellier den Planeten, als er sich schon nicht mehr auf die Sonne projicirte. Diese äußere Erscheinung, wenn mir der Ausdruck gestattet ist, dauerte nicht länger als 6 bis 7 Secunden.

Während Mercur vor der Sonne stand, erblickte Plantade seine schwarze Scheibe von einem leuchtenden Ringe umgeben, und gerade dieser Ring blieb dem Astronomen von Montpellier außerhalb der scheinbaren Sonnenscheibe noch 6 bis 7 Secunden lang sichtbar. *)

Wenn man längere Zeit mit großer Aufmerksamkeit nach einem

*) Mémoires de l'Académie, 1736, S. 440.

Gegenſtande geblickt hat, ſo bleibt auf der Netzhaut ein Eindruck von einiger Dauer zurück. Wäre es nicht möglich, daß das von Plantade außerhalb der Sonnenſcheibe geſehene Bild des Mercur einer ſolchen Reizung ſeinen Urſprung verdankte?

Der Aſtronom Delisle, Mitglied der Akademie der Wiſſenſchaften, fand die Bemerkung Plantade's ſehr wichtig, und forderte die Beobachter öffentlich auf, während der Sonnenfinſterniſſe ihr Augenmerk auf die Sichtbarkeit des außerhalb der Sonne ſtehenden Theiles der Mondſcheibe zu richten. Short kam dieſer Aufforderung nach, und berichtet über den Erfolg ſeiner Bemühung in einer Abhandlung über die ringförmige Sonnenfinſterniß des Jahres 1748. Das von ihm angewandte Inſtrument war ein Spiegelteleſkop von 4 engl. Fußen Brennweite, mit einer 120maligen Vergrößerung.

„Ich verwendete," ſo lauten Short's Worte, „alle mögliche Aufmerkſamkeit darauf, die Mondſcheibe vor ihrer erſten Berührung mit der Sonne, ſowie nach ihrem völligen Austritte aus derſelben wahrzunehmen, allein ich konnte Nichts entdecken." Und wie um ſich zu entſchuldigen, einen ſolchen Verſuch gemacht zu haben, fügt er hinzu: „Ich erwähne dies, um Hrn. Delisle zufrieden zu ſtellen, der die Aſtronomen zu dieſer Unterſuchung öffentlich aufgefordert hatte."

Nach dem angeführten Paſſus ſcheint es faſt, als habe der berühmte engliſche Optiker den Verſuch, die Mondſcheibe außerhalb der Sonne wahrzunehmen, nur vor dem Beginne und nach dem Ende der ganzen Finſterniß angeſtellt. Weit größer würde die Wahrſcheinlichkeit für das Gelingen geweſen ſein, wenn er ſeine Beobachtung zu einer Zeit gemacht hätte, wo der ſichtbare Theil der Sonnenſcheibe auf die Hälfte, oder auf den dritten Theil u. ſ. w. reducirt war.

Short iſt übrigens nicht der Einzige, welcher unterſucht hat, ob die Umriſſe der Mondſcheibe während einer Sonnenfinſterniß nicht in einigem Abſtande neben der Sonne wahrgenommen werden können. Beſſel erzählt, daß 10 Secunden nach dem Augenblicke, wo die Finſterniß von 1836 in Königsberg beinahe ringförmig war, d. h. 10 Secunden nachdem er um den Mond den leuchtenden Ring wahrgenommen, von welchem ſogleich die Rede ſein wird, und den ich als die Region betrachtet habe, wo die Materie der leuchtenden Protu-

beranzen ſich anhäuft, außerhalb der Sonne „keine Spur von dem Mondrande ſichtbar war.“

In der Abhandlung des Doctor Robinſon über ſeine zu Armagh angeſtellte Beobachtung der nämlichen faſt ringförmigen Finſterniß vom 15. Mai 1836 finde ich:

„Von der Peripherie des Mondes war außerhalb der Sonne keine Spur zu ſehen.“

Aus dieſem hiſtoriſchen Ueberblicke geht hervor, daß kein früherer Aſtronom den Rand des Mondes in der Stellung und unter den Umſtänden entdeckt hat, in denen uns ſeine Beobachtung am 8. Juli 1842 gelungen iſt.

Erinnert man ſich der näheren Details der Beobachtung, ſo drängt ſich folgende Reihe von Fragen zur Beantwortung auf:

Welches war die phyſiſche Urſache, infolge deren der Mond am 8. Juli 1842 in ſo großer Nähe der Sonnenſcheibe ſichtbar wurde?

Warum nahm dieſe Sichtbarkeit ab in dem Maaße, als man ſich von der Peripherie der Sonne entfernte?

Weshalb war die Sichtbarkeit auf beiden Seiten der Sonnenſichel nicht gleich?

Wie kam es, daß unter drei nahezu gleich ſtarken Fernröhren nur ein einziges den Mondrand außerhalb der Sonne zeigte, ſo daß meine bereits angegriffenen Augen mit Hülfe des bevorzugten Inſtrumentes Etwas wahrzunehmen vermochten, was der Nachforſchung zweier jungen, ſehr geübten und von der Erſcheinung unterrichteten Mitarbeiter entging, ſo lange ſie ſich anderer Fernröhre bedienten?

Ich wende mich zu den Betrachtungen, die wie mir ſcheint zu einer genügenden Löſung aller dieſer Schwierigkeiten leiten.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß für die Mehrzahl der Menſchen zwei erleuchtete Flächen neben einander ſich nicht von einander unterſcheiden, wenn die Differenz ihrer beiderſeitigen Helligkeiten im Minimum nicht den 64. Theil beträgt.*) Dieſe Thatſache wird der Schlüſſel unſerer ganzen Erklärung.

---

*) Siehe den erſten Band der populären Aſtronomie, Buch 3, Kapitel 4, S. 169.

Wenn ein Fernrohr nach dem Himmel gerichtet ist, so erscheint sein Gesichtsfeld (nach dem Ausdrucke der Optiker) gleichförmig erleuchtet: es erzeugt sich alsdann in einer durch den Brennpunkt zur Axe des Objectivs senkrecht gelegten Ebene ein unbegrenztes Bild der Region der Atmosphäre, welche von der Gesichtslinie des Fernrohrs getroffen wird.

Nehmen wir nun an, daß in der Richtung des Fernrohrs ein Gestirn, d. h. ein sehr weit jenseits der Atmosphäre liegender Gegenstand sich befindet, so wird sein Bild nur dann sichtbar sein, wofern es die Intensität desjenigen Theiles des unbegrenzten Focalbildes der Atmosphäre, wo sein eigenes begrenztes Bild sich abzeichnet, wenigstens um den 64. Theil erhöht. Ohne diese Bedingung würde das Gesichtsfeld allenthalben seine frühere gleichförmige Intensität behalten.

Nach Aufstellung dieser Prämissen wenden wir uns zu dem speciellen Falle des Mondes.

Am 8. Juli 1842 empfing im Moment der Conjunction der beiden Himmelskörper die unseren Instrumenten zugekehrte Mondhemisphäre keine directen Sonnenstrahlen, sondern war nur von der Erde beleuchtet; sie konnte uns folglich kein anderes Licht zurücksenden, als das sogenannte aschfarbene, das seinen Namen seiner ungemeinen Schwäche verdankt. Gewiß betrug aber die Intensität des aschfarbenen Bildes der Mondscheibe, blos 40 Minuten nach Anfang der Finsterniß, nicht den 64. Theil von der Helligkeit, welche die erleuchtete Atmosphäre in der Nähe der Sonne besaß, wo das Bild des Mondes sich projicirte.

Man kann also nicht in dem aschfarbenen Lichte die Ursache suchen, welche den Mond am 8. Juli 1842 sichtbar machte: trotz dieses Lichtes hätte der Theil des Gesichtsfeldes im Fernrohre, wo das Bild unseres Satelliten sich abzeichnete, mit seiner Umgebung zusammenschmelzen müssen, wo blos das Bild der Atmosphäre vorhanden war.*)

*) Um keinen Zweifel über die Richtigkeit dieses Schlusses übrig zu lassen, und um zu zeigen, daß das aschfarbene Licht in keiner Weise der Grund für die Sichtbarkeit des Mondes zu einer Zeit sein konnte, wo die Finsterniß des 8. Juli 1842

Gehen wir einen Schritt weiter in unſeren Betrachtungen.

Der Mond, als undurchſichtiger Körper, muß diejenigen Lichtſtrahlen aufhalten, welche von weiter entfernten Gegenſtänden herkommend, ihn auf ihrer Bahn nach der Erde treffen. Solche Lichtſtrahlen könnten z. B. von einer Stelle in der Milchſtraße, oder von einem Nebelflecken, von dem Kopfe oder Schweife eines Kometen, vom Zodiacallichte, oder von irgend einem anderen Theile der Sonnenatmoſphäre ausgehen.

Betrachten wir nun ſpeciell den Fall, wo der Mond ſich zum Theil auf die Atmoſphäre der Sonne projicirt. An der Stelle im Geſichtsfelde des Fernrohrs, wo mathematiſch geſprochen das Bild des Mondes erzeugt wird, kann einzig und allein ſolches Licht vorhanden ſein, welches von der irdiſchen Atmoſphäre herrührt, denn der Mond liefert keinen merklichen Beitrag, und hält ſogar wie ein undurchſichtiger Schirm alle von weiter her kommenden, in ſeiner Richtung laufenden Strahlen auf. An den Punkten außerhalb der Mondſcheibe, gleich vom Rande an, wird das Geſichtsfeld zugleich von dem Lichte der irdiſchen, ſowie der Sonnenatmoſphäre erleuchtet. Nehmen wir nun an, daß dieſe beiden Lichtquellen zuſammengenommen die Intenſität der Strahlen der Erdatmoſphäre um mehr als den 64. Theil übertreffen, ſo wird von dieſem Augenblicke an der Rand des Mondes ſichtbar.

Die Art des Sehens, von welcher hier die Rede iſt, kann man als ein negatives Sichtbarwerden bezeichnen, da in der That eine geringere Intenſität an den Punkten im Geſichtsfelde des Fernrohrs, wo das Bild des Mondes ſich befindet, die Urſache der Sichtbarkeit ſeiner Umriſſe iſt. Poſitiv würde die Erſcheinung dann ſein, wenn

noch nicht weit vorgeſchritten war, füge ich noch hinzu, daß es mir nur mit außerordentlicher Mühe und nach ſehr langer Zeit gelungen iſt, in der Nacht eine ſehr ſchwache Spur des Vollmondes zu entdecken, als ich unter denſelben Umſtänden wie in Perpignan beobachtete, d. h. als ich mich deſſelben Fernrohrs, derſelben Vergrößerung und des nämlichen gefärbten Glaſes, wie bei der Sonnenfinſterniß, bediente. Nun iſt aber nicht allein das aſchfarbene Licht mehrere tauſend Mal ſchwächer, als das Licht des Vollmondes, ſondern es war auch noch recht heller Tag, als wir in Perpignan den Mondrand neben der Sonne ſahen.

das Bild intenſiver wäre als das übrige Geſichtsfeld. Ich erwähne beiläufig, daß wir auf der Erde der dunkeln oder bewaldeten Berge am Horizonte auf negative Weiſe gewahr werden, während dagegen eine poſitive Sichtbarkeit gewöhnlich den mit Schnee bedeckten Gipfeln zukommt.

Die leuchtende Region, welche durch die angegebene Wirkungsweiſe den Rand des Mondes zu Perpignan, Digne und Toulon ſichtbar hervortreten ließ, war meinem Dafürhalten nach die Strahlenkrone des Mondes, und zwar iſt es für die hier zu übernehmende Rolle gleichgültig, ob die Corona auf einem optiſchen Vorgange beruht, oder ob ſie als eine der materiellen Umhüllungen der Sonne, als ein Theil ihrer Atmoſphäre anzuſehen iſt.

Wenn dies die wahre Urſache des Phänomens iſt, ſo muß der Mondrand um ſo deutlicher hervortreten, je heller die entſprechende Stelle der Corona iſt. Wird dies durch die Beobachtung beſtätigt?

Alle Berichte ſtimmen in dem Punkte überein, daß die Corona während der totalen Verfinſterung ſehr glänzend und in einer Breite von etwa 2 bis 3 Minuten von gleichförmiger Intenſität war, hierauf nahm ihre Helligkeit raſch nach Außen zu ab. Der Mondrand aber hat ſich bei der Beobachtung auf dem freien Himmelsgrunde, 40 Minuten nach Anfang der Finſterniß unter ganz analogen Umſtänden gezeigt: nahe bei der Sonne war er in einer gewiſſen Ausdehnung deutlich ſichtbar, während man ihn weiterhin nur ſchwer wahrnahm.

Die Corona erſchien während der totalen Verfinſterung an einigen Stellen von helleren und vergleichungsweiſe dunkleren Strahlenbüſcheln durchſchnitten, etwa wie die Glorien der Heiligen. Wo nun während der kurzen Zeit, in der wir uns mit der Aufſuchung des Mondrandes beſchäftigen konnten, derſelbe ſich auf einem ſolchen dunkeln Strahlenbüſchel projicirte, mußte ſeine Sichtbarkeit ſich verringern.

Endlich hing die Sichtbarkeit der Mondſcheibe von der Güte des Fernrohres ab, nicht zwar von der Güte im gewöhnlichen Verſtande, ſondern von einer ganz beſonderen und verſteckten Qualität, deren näheren Eigenſchaften nachzugehen von Wichtigkeit iſt. Ich bin dabei auf folgende theoretiſche Betrachtungen gekommen.

Wenn der Mond ſichtbar iſt, ſo muß ſein teleſkopiſches Bild

wenigstens um den 64. Theil schwächer sein, als das teleskopische Bild der umgebenden atmosphärischen Regionen. Denken wir uns nun vor dem Objective des Fernrohrs ein die Oeffnung desselben verkleinerndes Diaphragma aufgestellt, so wird diese Blendung das dem Bilde des Mondes correspondirende atmosphärische Licht in demselben Maaße abschwächen, als die rings um dieses Bild sich vereinigenden Strahlen. Es wird daher die Intensität des letzteren die Helligkeit des Mondbildes wie vorhin um den 64. Theil übertreffen, dergestalt, daß nach der Verkleinerung der Objectivöffnung vermittelst des Diaphragmas die Umrisse des Mondes eben so deutlich hervortreten, wie vorher.

Dagegen würde der Verlauf ein anderer sein, wenn man, statt die Oeffnung des Fernrohrs mittelst eines undurchsichtigen Körpers zu vermindern, ein mattes Glas vor denselben Theil des Objectivs gebracht hätte. Alsdann würden die von dem gedachten Glase aufgefangenen Sonnenstrahlen zum großen Theile eine gleichförmige Zerstreuung in der ganzen Ausdehnung des Gesichtsfeldes des Fernrohrs erfahren, d. h. ebensowohl über die vom Bilde des Mondes eingenommene Stelle, als über die Punkte, wo sich nur die Atmosphäre abbildet. Bemerkt man nun, daß wenn man zwei Zahlen um den nämlichen Betrag vergrößert, ihr geometrisches Verhältniß ein anderes wird, so ist der verlangte Nachweis geführt.

Als wir den Glanz der Atmosphäre auf 65, den des Mondes auf 64 setzten, so betrug der ursprüngliche Unterschied beider Werthe ein Vierundsechszigstel, wie die Bedingung des Sichtbarwerdens erfordert; aber wenn unter dem Einflusse des mattgeschliffenen Glases der [relative] Werth jeder dieser Helligkeiten etwa um 10 Einheiten zugenommen hat, so daß die Intensität der Atmosphäre auf 75, die des Mondes auf 74 steigt, so wird die jetzige Differenz beider nur noch den 74. Theil betragen und nicht mehr ausreichen, um die Begrenzung des Mondes sichtbar zu machen.

Ist diese Wirkung einer mattgeschliffenen Glastafel, oder allgemeiner eines Licht zerstreuenden Schirmes festgestellt, so wird zur Erklärung des Umstandes, wie die Instrumente der Herren Laugier und Mauvais eine Erscheinung nicht wahrnehmen ließen, welche in meinem Fernrohre so deutlich hervortrat, die Annahme genügen, daß die beiden

Linſen des Objectivs in letzterem reiner und an ihren äußeren und inneren Flächen beſſer geputzt waren, als die vier entſprechenden Oberflächen bei den Objectiven der anderen Fernröhre. Die zerſtreuende Wirkung des Staubes, ſowohl im trockenen Zuſtande als bei ſeiner Miſchung mit etwas Feuchtigkeit, wird in der That allen Phyſikern bekannt ſein. Auch könnte die größere oder geringere Durchſichtigkeit der Glasmaſſe, die mehr oder minder blaſige Beſchaffenheit der Linſen hierbei in Betracht kommen, indeſſen überlaſſen wir dieſe Einzelnheiten dem Scharfſinne des Leſers.

Wie es auch um die gegebene Erklärung ſtehen möge, die Thatſache bleibt ſicher, daß der Mond in Stellungen wahrnehmbar iſt, wo man ſeit hundert Jahren nicht einmal den Verſuch gemacht hatte, ihn zu ſehen. Die Aſtronomen werden alſo zum Behufe der Unterſuchung, ob die Mondtafeln für die Tage der Conjunction ebenſo genau ſind, als für die Viertel, die Octanten, die Vollmonde u. ſ. w., fortan nicht mehr auf die Beobachtung der Finſterniſſe allein angewieſen ſein.

Um das erhaltene Reſultat kurz auszuſprechen: während der Sonnenfinſterniß des Jahres 1842 wurde in dem Augenblicke, wo die Hälfte der Sonnenſcheibe vom Monde bedeckt war, der Theil des letzteren ſichtbar, welcher ſich nicht auf die Sonne projicirte. Dieſes Phänomen läßt ſich nach meiner Anſicht mit der von den Optikern ſogenannten negativen Sichtbarkeit vergleichen, vermöge deren wir z. B. ſehr entfernte Berge wahrnehmen, welche ſich auf die etwas mehr Licht zurückſtrahlende Atmoſphäre als dunkle Gegenſtände projiciren. In unſerem Falle überwiegt die den dunkeln Mondkörper umgebende Region des Himmels an Helligkeit die dem Orte des Mondes entſprechende atmoſphäriſche Intenſität in Verbindung mit dem aſchfarbenen Lichte, und zwar vermöge des Lichtes der Corona, obwohl dieſelbe alsdann nicht für ſich ſichtbar iſt.

Hr. Kutczycki, unbekannt geblieben mit der von mir angeſtellten Discuſſion der bei der Finſterniß von 1842 gewonnenen Ergebniſſe, hat im Jahre 1850 zu Honolulu keine der perpignaner Wahrnehmung analoge Beobachtung gemacht.

Wir empfehlen den Aſtronomen, welche unſere Beobachtung zu wiederholen Gelegenheit haben, um die aufgeſtellte Erklärung zu be-

ſtätigen oder zu widerlegen, ihr Augenmerk darauf zu richten, ob der Mond ſich in der die Sonne umgebenden Atmoſphäre wie auf einem hellen oder einem dunkeln Grunde zu projiciren ſcheint.

Achtzehntes Kapitel.

Ueber die undulatoriſche Bewegung, welche kurze Zeit vor und kurze Zeit nach der totalen Verfinſterung eintritt, ſo lange das ſichtbare Sonnenſegment eine ſehr geringe Breite hat.

Bei aufmerkſamer Prüfung von Flächen, welche die Sonne voll beſchien, hatte ich häufig bemerkt, daß an gewiſſen Stellen, bald hier bald da, momentan plötzliche Intenſitätsveränderungen auftraten, ohne Regelmäßigkeit zwar, aber ſehr augenfällig. Offenbar waren dieſe Helligkeitsunterſchiede Wirkungen beſonderer Bewegungen in den von den Sonnenſtrahlen durchlaufenen atmoſphäriſchen Schichten, und wurden durch den Einfluß gewiſſer Strömungen von verſchiedener Temperatur, Dichtigkeit und Brechbarkeit hervorgerufen. Hierin liegt in größter Allgemeinheit der Grund der Erſcheinung, die Erklärung im Großen und Ganzen. Es bleibt noch das Studium der einzelnen Umſtände, die Prüfung, welche eine irrthümliche phyſikaliſche Theorie niemals beſteht. Hier erheben ſich Schwierigkeiten von allen Seiten; ein dem Anſcheine nach ſo einfaches Phänomen ſcheint zum Theile wenigſtens mit den feinſten Eigenſchaften des Lichtes in Verbindung zu ſtehen. Dieſer mit Recht oder Unrecht vorausgeſetzte Zuſammenhang führte in meinen Augen auf eine wichtige Folgerung: jene Wirkungen mußten um ſo häufiger und um ſo ſchärfer hervortreten, je kleiner der ſcheinbare Durchmeſſer des ſichtbaren Sonnenſegmentes wurde. Dieſer Gedanke kam mir in Erinnerung, als ich, nach bereits erfolgter Ankunft in Perpignan, die Bereitwilligkeit und die hülfreichen Anerbietungen mehrerer von meinen Landsleuten nützlich zu verwerthen gedachte. Um zu vermeiden, daß die Beobachtung der undulatoriſchen Bewegung, deren ich ſo eben erwähnte, und auf welche ich die Aufmerkſamkeit meiner Mitarbeiter zu lenken beabſichtigte, nicht durch vorgefaßte Vorſtellungen beeinflußt wurde, hielt ich es für zweck-

mäßig, in Betreff der erwarteten Reſultate keine vorherige Andeutung zu geben. Ich beſchränkte mich darauf zu ſagen, man möge einige Augenblicke vor dem Verſchwinden und ebenſo nach dem Wiedererſcheinen der Sonne, den Blick auf eine dem Sonnenſcheine ausgeſetzte Wand richten, und genau auf die wahrzunehmenden Erſcheinungen achten. Folgendes iſt eine Stelle aus einem, den Tag nach der Finſterniß, am 9. Juli von Hrn. Fauvelle an mich gerichteten Schreiben:

„Als die Finſterniß eben total werden ſollte, ſah ich auf der weißen Mauer eines Militärgebäudes auf dem Wall St. Dominique die letzten Strahlen der Sonne heftig und mit lebhafter Geſchwindigkeit unduliren. Ich möchte den Vorgang etwa mit der Erſcheinung vergleichen, wenn die Strahlen der Sonne auf eine Wand oder eine Decke fallen, nachdem ſie von einer bewegten Waſſerfläche zurückgeſtrahlt worden ſind.

„Daſſelbe Phänomen wiederholte ſich im Augenblicke des Austritts der Sonne. Die anfangs ſtarken Undulationen ließen allmälich nach und verſchwanden nach Verlauf von 5 bis 6 Secunden vollſtändig.

„Die Beobachtung wurde an drei verſchiedenen Punkten von etwa zwanzig Perſonen gemacht, die ihr Zeugniß zur Beſtätigung ablegen können.“

Von der Citadelle in Perpignan hatten wir nur den Blick auf ziemlich entfernte Backſteinmauern, welche zur Wahrnehmung der Bewegungen dunkler und heller Streifen ſich wenig eigneten. Auch die Façade des großen Thurmes ſelbſt war wegen der verſchiedenen Farbe der zur Bekleidung dienenden Steine, ſo wie wegen der Entfernung wenig günſtig. Jedoch erſchien uns dieſe Façade während der 8 oder 10 Secunden, die wir perſönlich dieſer Art von Beobachtungen widmen konnten, obgleich der Himmel ſehr rein war, von einem eigenthümlich ſchwankenden Lichte erleuchtet.

In dem Berichte, welcher Hr. Eugen Bouvard nach ſeiner Rückkehr von Digne mir übergab, finde ich die folgende Note eines ſehr unterrichteten Geiſtlichen, des Hrn. Savournin zu Seyne.

„Man bemerkte hier Schatten und helle Flecken, die ſich einander zu jagen ſchienen, wie die Schatten kleiner Wolken, welche ſucceſſive vor der Sonne vorüber ziehen. Dieſe Flecken hatten nicht die nämliche

Farbe: sie waren theils roth, theils gelb, blau und weiß. Die Kinder liefen ihnen nach und suchten sie mit der Hand zu fangen.

„Diese auffallende Erscheinung wurde nur einige Augenblicke vor dem vollständigen Verschwinden der Sonne wahrgenommen."

Hr. August Attenour in Salon schrieb mir noch am Tage der Finsterniß einen Brief, aus dem ich wörtlich Folgendes anführe:

„. . . Um die Finsterniß besser zu beobachten, hatte ich mich auf eine kleine, die Stadt beherrschende Anhöhe begeben; der Himmel war heiter, und ein schwacher Nordwestwind (der Mistral), von ziemlicher Frische für die Jahreszeit, war zu fühlen, als ich, ebenso wie die einzige Person in meiner Begleitung, sehr deutlich eine leichte Undulation in der Luft wahrnahm, die um uns der Richtung des Windes folgte. Diese Bewegung war mit dem Oscilliren nicht zu vergleichen, welches die Wärmeausstrahlung über einem stark erhitzten metallischen Körper hervorbringt, oder wie man in der Mittagsstunde eines heißen Sommertages einige Centimeter über dem Boden der Ebene von la Crau [campi lapidei] sieht. Das auffallend und deutlich wahrnehmbare wellenförmige Schwanken in der Luft erinnerte vielmehr an die Bewegung einer in einem großen Bassin demselben Winde ausgesetzten Wasserfläche, auf welcher sich einige langgestreckte Wellen bilden, die schnell auf einander folgen. Dieselbe Erscheinung wiederholte sich nach dem plötzlichen Wiedererscheinen der Sonne und dauerte nur wenige Secunden.

„Mehrere Personen, denen ich meine Bemerkung mittheilte, haben die nämliche Wahrnehmung gemacht, und wir können jetzt kühn sagen, daß wir den Wind haben vorüber gehen sehen."

Ich stelle das von Hrn. Attenour beschriebene Phänomen unbedenklich in eine Reihe mit den zu Perpignan und zu Seyne beobachteten. Es scheint mir in der That selbstverständlich, obgleich der Brief es nicht ausdrücklich sagt, daß die fragliche Beobachtung gemacht worden ist, indem Hr. Attenour seinen Blick auf den Boden oder auf eine Wand heftete. Sollten die beschriebenen Undulationen wirklich beim Blicken in die Luft gesehen worden sein, so würde die Erscheinung, ohne darum ihren Charakter zu ändern, eine besondere Discussion verdienen.

Ueber die in Alais angestellten Beobachtungen hat Hr. d'Hom-

bres-Firmas einen Bericht veröffentlicht. In demſelben ſteht, daß die Finſterniß in der genannten Stadt nicht total war, da ein Segment der Sonnenſcheibe ungefähr von der Breite eines Fünftel Zolles noch ſichtbar blieb; daß aber die auf der Terraſſe des Forts, auf dem Marſchallsplatze, oder auf der Hauptſtraße befindlichen Perſonen, ſo wie die in der Nähe hoher und breiter Façaden Stehenden Zeugen eines merkwürdigen Phänomens waren. „Abwechſelnd helle und ſchattige Streifen von großer Länge, parallel und von Weſten nach Oſten gerichtet, kamen auf dem Erdboden oder an den Gebäuden wie die Falten eines ungeheuern Vorhanges zum Vorſchein; ſie ſchienen wellenförmig fortzurollen ..., und waren um ſo auffallender, je ſchmaler das ſichtbare Sonnenſegment wurde.“ Um jeden Zweifel über die Bedeutung der Worte abwechſelnde Licht- und Schattenſtreifen unmöglich zu machen, erklärt Hr. d'Hombres-Firmas, daß er darunter leuchtende Linien oder Streifen auf einem ſchattigen Grunde verſtehe.

Eine kleine Brochure, welche der frühere Director des Muſeums in Avignon, J. Guérin herausgegeben hat, enthält unter der Ueberſchrift „Eine merkwürdige Erſcheinung“ einen Abſchnitt, woraus ich mir einige Zeilen hier anzuführen erlaube:

„Mehrere Perſonen bemerkten mit außerordentlicher Ueberraſchung bei ruhigem und wolkenloſem Himmel, während der erſten auf das Wiedererſcheinen der Sonne folgenden Secunden, leichte Schatten, welche raſch auf einander folgten und mit einem Anſchein von Schwanken von Norden nach Süden getrieben wurden. Sie fielen hauptſächlich an ebenen und offenen Orten in die Augen.

„.... Dieſe Schatten hatten einige Aehnlichkeit mit den ſehr oberflächlichen Wellen eines Sees, welche parallel und mit Schnelligkeit fortgetrieben werden.“

Die Aufſätze der Herren Lenthéric zu Montpellier, ſo wie Pinaud und Boisgiraud zu Toulouſe enthalten zwei intereſſante, auf dieſelbe Erſcheinung bezügliche Stellen:

„Kurze Zeit vor dem Beginne der totalen Verfinſterung, ſagt Hr. Lenthéric, gewahrte man auf dem Erdboden und an den Wänden undulirende Schatten, die aus einer Reihe von Bögen von 3 bis 4 Decimeter Länge und weit geringerer Breite zu beſtehen und ſich um ſich

ſelbſt zu drehen ſchienen. Der hervorgebrachte Effect war mit dem Anblicke der beweglichen Schatten zu vergleichen, welche auf dem Grunde eines mit klarem Waſſer gefüllten Baſſins von geringer Tiefe entſtehen, wenn die Sonne auf die leicht bewegte Oberfläche ſcheint.“

Die Bemerkungen der Herren Pinaud und Boisgiraud lauten wörtlich:

„Einige Minuten vor Eintritt der totalen Verfinſterung kamen an der Mauer des gothiſchen Thurmes (an der Kathedrale zu Narbonne) unbeſtimmte und bewegliche Schatten zum Vorſchein, wie wenn eine Rauchwolke zwiſchen der Sonne hindurchzöge. Sie ſchritten mit ziemlicher Geſchwindigkeit vorwärts, und in einer vom Winde abweichenden Richtung. Auch an anderen Orten der Stadt wurden dieſe Schatten von den Leuten bemerkt. Sie begannen erſt dann ſichtbar zu werden, als das ſie erzeugende Licht hinreichend geſchwächt war. Man hat ſie ohne Zweifel denſelben Dunſtſtrömungen zuzuſchreiben, welche die Urſache der undulirenden Bewegungen an den Umriſſen des ſichtbaren Theiles der Sonnenſcheibe bildeten, deren Vorhandenſein wir nachgewieſen haben.“*)

Der Leſer wird mit Recht verwundert ſein, daß meine Aufzählung hier mit den in Frankreich gemachten Beobachtungen abſchließt. In der That erſcheint es auffallend, daß ein in Perpignan, in Narbonne, Montpellier, Salon, Toulon, Seyne, Alais, Viſan mit ſolcher Evidenz beobachtetes Phänomen an den zahlreichen Orten von Italien, Deutſchland, und Rußland, nach denen ſo viele geſchickte Perſonen ſich begeben hatten, nicht geſehen worden ſein ſollte. Nicht weniger zu verwundern iſt das Stillſchweigen der früheren Aſtronomen in Betreff der Lichterſcheinungen, die im Jahre 1842 ſo auffällig waren, daß ſie den Kindern zum Vergnügen dienten. In der Abſicht, den gegenwärtigen Abſchnitt ſo wenig unvollſtändig als möglich zu laſſen, habe ich die Sammlung der akademiſchen Schriften Seite für Seite durchlaufen, und dabei nur eine einzige analoge Beobachtung wie bei der

*) Keppler glaubte einſt an dem Lichte, welches vom Planeten Venus auf die Wand ſeines Zimmers fiel, außerordentliche Bewegungen wahrzunehmen. Dieſe Beobachtung kann von analoger Beſchaffenheit mit dem im Texte Angeführten ſein.

Finſterniß von 1842 entdecken können; noch dazu ſehe ich mich leider außer Stande, dieſelbe hier mitzutheilen, da mir das Notizblatt, worauf ich ſie aufgezeichnet, abhanden gekommen iſt.

Die charakteriſtiſche Eigenſchaft des Phänomens, auf welches ich die Aufmerkſamkeit der Aſtronomen habe lenken wollen, iſt in der Ueberſchrift zu dieſem Kapitel angezeigt: die beweglichen Lichterſcheinungen treten nur in dem Falle deutlich hervor, wo das ſichtbare Segment der Sonnenſcheibe, d. h. wo der leuchtende Theil ſehr geringe Dimenſionen beſitzt.

Durch dieſen Umſtand ſteht das Phänomen rückſichtlich ſeines inneren Grundes mit der Scintillation der Sterne in Beziehung: es iſt eine Wirkung der Interferenzerſcheinungen. Daſſelbe gilt von der zu Seyne beobachteten Färbung. Die Intenſitätsänderungen, welche ich auf Flächen im vollen Sonnenſcheine — d. h. wenn kein Theil der Sonnenſcheibe verdeckt war — beobachtet habe, ſcheinen mehr in directer Verwandtſchaft zu den phyſiſchen Umſtänden zu ſtehen, welche die Luftſpiegelung hervorrufen. Wie dem auch ſei, ſo würde man heute eine ins Einzelne gehende Erklärung dieſer verſchiedenen Erſcheinungen nur auf mehr oder minder hypothetiſche Weiſe zu geben vermögen. Es iſt vor Allem nöthig, eine methodiſche Reihe von Beobachtungen bei variabeln Bruchtheilen der Sonnenſcheibe anzuſtellen. Es wird zweckmäßig ſein, bei der Beobachtung totaler Sonnenfinſterniſſe das Zeitintervall anzumerken, welches zwiſchen dem Augenblicke des vollſtändigen Eintritts oder des Austritts, und der Zeit verfließt, wo dieſe eigenthümlichen Erſcheinungen aufhören ſichtbar zu ſein.

Neunzehntes Kapitel.

Von der Polariſation des Lichtes der Corona während einer Sonnenfinſterniß.

Als ich einige Zeit vor der Finſterniß von 1842 Inſtructionen über die hauptſächlichſten Phänomene veröffentlichte, welche mir für die Erforſchung von Seiten der Aſtronomen vorzugsweiſe wichtig zu ſein ſchienen, hatte ich mich folgendermaßen ausgedrückt:

„Es ist nicht wahrscheinlich, daß das Licht der den Mond umgebenden Strahlenkrone Spuren von Polarisation verräth; indeß wird es nützlich sein, sich durch Anwendung des Polariskops direct davon zu überzeugen.“

Diese Stelle war nicht deutlich genug: dadurch, daß ich zum Voraus ein negatives Resultat angab, habe ich vielleicht zu meinem großen Bedauern manche Beobachter abgehalten, sich mit der angedeuteten Untersuchung zu beschäftigen. Wie dem auch sein möge, ich lasse hier die getreue Darstellung unserer sehr kurzen Versuche in Perpignan folgen:

Von der Betrachtung des prächtigen Schauspiels, das sich vor unseren Blicken entrollte, und dessen Dauer höchstens zwei und eine viertel Minute betragen sollte, ganz in Anspruch genommen, dachte ich nicht mehr an die Polarisation des Lichtes. Endlich kam mir dieser Umstand in das Gedächtniß, als nur wenige Secunden noch bis zum Ende der totalen Verfinsterung übrig waren. Es war keine Zeit zu verlieren: ich ergriff sofort eines meiner Polariskope, und überreichte Hrn. Victor Mauvais ein nach Savart construirtes. Indem ich die Umgebung der leuchtenden Corona, diese selbst, und endlich die Region der Atmosphäre, welche sich auf die Mondscheibe projicirte, mit meinem Instrumente der Untersuchung unterwarf, erblickte ich überall die beiden Segmente von complementären Farben erglänzend. Dies war ein untrügliches Zeichen für das Vorhandensein polarisirter Strahlen in dem ganzen der feinen Analyse des Instruments unterworfenen Lichtbündel. Doch fehlte es mir an Zeit, die Beobachtungen weiter fortzusetzen; es war mir nicht möglich, die Stärke der Polarisation in dem von der Corona ausgehenden Lichte, so wie in den beiden vergleichungsweise dunkeln Regionen, zwischen denen die Corona glänzte, einer numerischen Schätzung zu unterwerfen. Da diese numerischen Bestimmungen fehlen, so sehe ich mich außer Stande, nach meinen Beobachtungen zu entscheiden, ob das Licht der Corona selbstständig polarisirt war oder nicht; denn die gefundene Polarisation könnte eine Folge der Vermischung des vielfältigen Reflexionen ausgesetzten atmosphärischen Lichtes mit den directen Strahlen der Corona sein. Wenn die Rolle, welche diese vielfältigen Reflexionen in der Vertheilung und der

Polariſation des atmoſphäriſchen Lichtes ſpielen, nicht ſchon auf ſchlagende Weiſe aus meinen früheren Unterſuchungen hervorginge, ſo könnte man aus den Beobachtungen, von denen hier die Rede iſt, ihre ganze Wichtigkeit ermeſſen. In der That haben wir während der Dauer der totalen Finſterniß geſehen, daß vermöge der vielfältigen oder ſecundären Reflexionen polariſirte Lichtſtrahlen bis in die Richtung der Geſichtslinien gelangten, welche ohne den dazwiſchenſtehenden Mondkörper direct die Sonne getroffen haben würden.

Ich laſſe jetzt die Beobachtungen des Herrn Mauvais folgen:

„Während der totalen Verfinſterung habe ich das ſogenannte Savart'ſche Polariſkop auf den Mond und ſeine Strahlenkrone gerichtet, und allenthalben farbige Streifen wahrgenommen. Das Maximum der Intenſität entſprach der horizontalen Lage dieſer Streifen; dieſelben waren auf der Corona und außerhalb derſelben ſehr lebhaft, traten aber auf der Mondſcheibe ſelber in geringerem Grade hervor. Doch ſah man ſie immer noch unzweideutig."

Angenommen, daß die Beobachtung meines Collegen durch keine optiſche Täuſchung getrübt worden iſt, und daß die Streifen in der Richtung der Corona wirklich lebhafter waren, als vor der Mondſcheibe, ſo muß das Licht dieſes Strahlenkranzes gegen meine Erwartung in der That ſelbſtſtändig polariſirte Strahlen enthalten haben! Ich weiß ſehr wohl, daß in dem gegenwärtigen Zuſtande unſerer Kenntniſſe eine ſolche Polariſation mit der Erklärung der Corona, welcher die competenten Aſtronomen am meiſten beizuſtimmen geneigt ſind, ſchwer in Einklang zu bringen ſein dürfte; allein habe ich nicht ſelbſt während der letzten totalen Mondfinſterniß in dem röthlichen ſecundären Lichte, wovon die Mondſcheibe erleuchtet war, eine merkliche Polariſation nachgewieſen, für welche nicht minder ſchwer Rechenſchaft zu geben iſt, wenn man die Erklärung bis zur numeriſchen Werthbeſtimmung fortſetzen will?

Der Aufſatz der Herren Pinaud und Boisgiraud enthält die folgenden vier Zeilen:

„Wir haben keine Spur von Polariſation in dem Lichte des Strahlenkranzes wahrgenommen, der den Mondrand während der

totalen Verfinſterung umgab. Das auf die Corona und ihre Umgebung gerichtete Polariſkop lieferte keine merkbare Färbung."

Hierzu läßt ſich allerdings Nichts weiter ſagen, als daß im geraden Gegentheil zu Perpignan zwei mit ganz verſchiedenen Inſtrumenten ausgerüſtete Aſtronomen die Farben mit voller Beſtimmtheit wahrgenommen haben, von denen die Beobachter in Narbonne keine Spur geſehen haben wollen.

Unter den zahlreichen Berichten, welche ich mit der aufmerkſamſten Sorgfalt durchgeſehen habe, finde ich nur noch einen einzigen, in welchem das Wort Polariſation überhaupt vorkommt. In der von Hrn. Majocchi veröffentlichten Darſtellung lieſt man, daß der Profeſſor der Mathematik in Mailand, Hr. Alberto Gabba, mit allen erforderlichen Polariſationsapparaten verſehen, ſich überzeugte, „daß das Licht der Corona der Polariſation fähig war" (la luce dell'anello d'argento è suscettibile d'essere polarizzata). Wenn Hr. Gabba durch mein Programm von 1842 zu ſeinem Verſuche veranlaßt worden ſein ſollte, ſo habe ich um Entſchuldigung zu bitten, daß ich mich nicht klarer und ausführlicher ausgedrückt habe. In der That beſtand die Frage, um deren Entſcheidung es ſich handelte, darin, ob das Licht der Corona polariſirt ſei, wenn die Strahlen ohne jedes Zwiſchenmittel zum Auge des Beobachters gelangen, und keineswegs in einer Unterſuchung, ob die gewöhnlichen Polariſationsmittel, welche auf alle bekannten Lichtarten des Himmels wie der Erde anwendbar ſind, gleichfalls wirkſam bleiben, wenn man das Licht der Corona dadurch prüft. Ich wage zu behaupten, daß über dieſe letztere Seite der Frage bei keinem Phyſiker eine Ungewißheit obgewaltet hat.

Die von Herrn Kutczycki bei ſeiner Beobachtung der Finſterniß von 1850 zu Honolulu bemerkte Polariſation des Lichtes der Protuberanzen kann bei der Unbeſtimmtheit der die Beobachtung begleitenden Umſtände nicht wohl zu einem ſicheren Reſultate führen. Es iſt in der That möglich, daß dieſe Polariſation nur eine eingebildete, und durch die reelle oder ſcheinbare Polariſation der Corona, auf welche die Protuberanzen ſich projicirten, herbeigeführt war. Die von den Herren Dunkin, Carrington, d'Abbadie während der Sonnenfinſterniß von 1851

angeſtellten Beobachtungen*) ſind gleichfalls nicht ausreichend, um das aufgeſtellte wichtige Problem zu beantworten. Ein ſyſtematiſches Studium der Polariſationserſcheinungen ſcheint den künftigen Beobachtern totaler Finſterniſſe ganz beſonders an das Herz zu legen ſein.

Ich habe die im Jahre 1842 im Lichte der Corona ſowohl als in der Richtung des dunkeln Mondkörpers beobachtete Polariſation aus der Polariſation des atmoſphäriſchen Lichtes abgeleitet, das durch wiederholte Reflexionen in die Region unſeres Satelliten gebracht worden. Es iſt wahr, daß dieſe Erklärung nicht mit der Schätzung des Herrn Mauvais übereinſtimmt, welcher das Maximum der Polariſation auf der Corona und einen geringeren Grad auf dem Monde ſelbſt fand.

Die Anwendung meines Polarimeters wird in Betreff dieſes Punktes jeden Zweifel zu heben geſtatten. Man wird erſtens zu unterſuchen haben, ob die Polariſation an allen Punkten des Umkreiſes der Corona in parallelen Ebenen vor ſich geht, in welchem Falle die Segmente im Polarimeter dieſelbe Färbung beibehalten müſſen, nach welchem Punkte man das Inſtrument auch richten möge, ſo lange man demſelben bei den verſchiedenen Beobachtungen keine Drehung um ſich ſelbſt mittheilt; zweitens hat man bei ſucceſſiver Betrachtung der Strahlen der Corona und des zwiſchen dem Monde und dem Beobachter befindlichen Lichtes, den Winkel zu beſtimmen, unter welchem die Glasplattenſäule des Polarimeters die Farben der Segmente zum Verſchwinden bringt. Es iſt klar, daß, wenn die Neigung der Säule (von der Normale an gezählt), welche der genannten Neutraliſation entſpricht, bei der Prüfung des Lichtes der Strahlenkrone größer iſt, als wenn man die Röhre nach dem Monde richtet, daraus der Schluß zu ziehen iſt, daß das Licht der Corona eine eigenthümliche Polariſation beſitzt, ihre ſcheinbare Polariſation alſo nicht die einfache Folge einer Vermiſchung mit dem partiell polariſirten Lichte der Atmoſphäre iſt. Dieſes Reſultat würde äußerſt wichtig ſein, kann aber nur auf dem angedeuteten Beobachtungswege ſicher geſtellt werden.

Ich will bei dieſer Gelegenheit daran erinnern, daß ich während der totalen Mondfinſterniß vom 31. Mai 1844 deutliche Spuren der

*) Siehe den dritten Band der populären Aſtronomie, S. 484.

Polarisation in dem röthlichen Lichte wahrnahm, welches gerade im Augenblicke der Conjunction über die Mondscheibe verbreitet war. Die Polarisationsbeobachtungen, spreche ich wiederholt aus, scheinen mir die erste Stelle unter allen Untersuchungen einzunehmen, welche den zukünftigen Beobachtern totaler Finsternisse anzuempfehlen sind.

Vielleicht möchte es sich als zweckmäßig herausstellen, wenn mehrere Astronomen an einem Punkte vereinigt sind, daß man sich planmäßig in die Arbeit theilte. Keinenfalls hat man überflüssige Zeit, um während der kurzen Dauer, die eine totale Verfinsterung überhaupt haben kann, mit Genauigkeit und hinlänglicher Sicherheit die Polarisationsbeobachtungen anzustellen, welche ich als wünschenswerth bezeichnet habe.

Zwanzigstes Kapitel.

Ueber die röthlichen Hervorragungen, welche sich während der ganzen Dauer der totalen Sonnenfinsterniß vom 8. Juli 1842 an verschiedenen Punkten des Mondrandes gezeigt haben.*)

Ich richtete unlängst an den Director der Sternwarte von Greenwich die Frage, was er von den röthlichen Flammen denke, welche von verschiedenen Punkten des Mondrandes während der Sonnenfinsterniß vom 8. Juli 1842 hervorzukommen schienen. „Wenn ich aufrichtig sprechen soll", antwortete mir der gefeierte Astronom, „so glaube ich nicht, daß eine genügende Erklärung dafür gegeben worden ist."

Eine Erscheinung, welche der durchdringende Scharfsinn von Hrn. Airy nicht zu enträthseln verstanden, verdient mit der größten Ausführlichkeit geschildert zu werden. Zugleich hoffe ich einer Pflicht zu genügen, wenn ich den Astronomen die Mühe erspare, die es mir gekostet, um die zahlreichen und mannichfaltigen Zeugnisse zu sammeln,

---

*) Die röthlichen Lichterscheinungen, von denen in diesem Kapitel die Rede sein wird, sind als Hervorragungen, Protuberanzen, Flammen, Wolken, Berge bezeichnet worden. Wir werden uns aller dieser Benennungen ohne Unterschied bedienen, unter dem Vorbehalte, später die eigentliche Beschaffenheit des Phänomens ins Auge zu fassen.

welche sich in diesem Kapitel zusammengestellt finden. Ueberall wo es der Gegenstand zu erfordern schien, habe ich die eigenen Worte der Beobachter, oder die treue Uebersetzung des Wortlautes angeführt.

§ 1. — In Frankreich gemachte Beobachtungen.

Perpignan.

Als ich ohne Einschaltung gefärbter Gläser durch mein Fernrohr von 91 Millimeter Oeffnung und mit 56facher Vergrößerung blickte, und die beiden leuchtenden Protuberanzen, welche aus dem untersten Rande der Mondscheibe (das Fernrohr kehrte die Bilder der Gegenstände um) hervorzutreten schienen, zuerst zu Gesicht bekam, bildeten dieselben bereits eine starke Hervorragung, an deren Größe ich keine Veränderung bemerkte. Ihre Farbe war im Allgemeinen rosa, und an einigen Punkten, vielleicht vermöge einer Contrastwirkung, grünlich blau.

Die Umrisse dieser Protuberanzen zeichneten sich vollkommen scharf ab; an der größten bemerkte ich zur Linken eine Stelle, welche durch eine nach Außen stark concave Curve begrenzt war. Es kam mir vor, als wenn weder die eine noch die andere eine senkrechte Richtung gegen die Peripherie des Mondes besäße: man erhielt den Eindruck von Bergen, die jeden Augenblick einstürzen mußten.

Nach meiner Schätzung betrug die Winkelgröße der beträchtlicheren Hervorragung, im Sinne ihrer Länge genommen, ungefähr eine Minute.

Die Bemerkungen von Hrn. Laugier stimmen in allen Punkten mit den im Vorstehenden Enthaltenen überein; nur schien ihm die Dimension der Hauptprotuberanz etwas größer.

Hr. Victor Mauvais hatte den Mondrand zufällig etwas früher als wir untersucht, und gewahrte die Protuberanzen, als sie zu entstehen anfingen. Aus dem geschriebenen Tagebuche Mauvais' ziehe ich wörtlich die auf das geheimnißvolle Phänomen bezügliche Stelle aus:

„Als ich einige Secunden nach Anfang der totalen Verfinsterung die Breite der leuchtenden Strahlenkrone zu messen suchte, sah ich am unteren Rande des Mondes einen röthlichen Punkt auftreten, der noch keine merkliche Hervorragung zu bilden schien.

„56 Secunden nach dem Verschwinden der Sonne ging der eben beschriebene röthliche Punkt in zwei violett-rothe und in ihren Umrissen vollkommen scharf begrenzte Hervorragungen über, von der Gestalt zweier aneinanderstoßenden Berge. Die Färbung war nicht gleichmäßig, an ihren Seiten sah man dunklere Stellen. Ich kann keine genauere Beschreibung von dem Anblicke geben, als wenn ich die von der untergehenden Sonne beschienenen, aus großer Ferne gesehenen Alpenspitzen damit vergleiche. 1 Minute 10 Secunden nach der totalen Verfinsterung sah man einen dritten Berg links von den beiden ersteren, in Bezug auf die Farbe ebenso beschaffen. Zur Seite erschienen noch einige kleinere Bergspitzen, aber sämmtlich mit vollkommen scharfer Begrenzung.

„Während des Heraustretens dieses dritten Berges hörten die beiden frühern nicht auf zu wachsen; sie erreichten eine Höhe, die nach meiner Schätzung etwa 2 Minuten betrug.

„Der zwischen den beiden Gruppen enthaltene Raum mochte auf dem Monde etwa einem Bogen von 25 Graden entsprechen. Die beträchtlichere Gruppe, die westlichere dem Anscheine nach, schien nur einige Grade links von dem tiefsten Punkte der Mondscheibe zu sein."

Hr. Mayette, Hauptmann vom Geniecorps, beobachtete die Finsterniß zu Perpignan durch ein Fernrohr mit 27facher Vergrößerung. In der geschriebenenen Notiz, welche mir der genannte Officier übergeben hat, steht:

„Ueber dem oberen Theile der Mondscheibe (das Fernrohr war ein terrestrisches) erschienen schöne Garben von rothen, unbeweglichen Flammen, mit sehr deutlichen und scharf begrenzten Umrissen. Die nördliche Garbe war nach dem Rande des Mondes zu geneigt ... Ich konnte die Garbe im Norden noch einige Augenblicke nach dem Austritte der Sonne sehen."

In Perpignan erblickten mehrere Personen die Protuberanzen mit bloßem Auge; das Factum ist nicht zweifelhaft.

Montpellier.

Mein geehrter Freund Petit, Director der Sternwarte von Toulouse, hatte sich auf meine Bitte nach Montpellier begeben, und beob-

achtete die Finſterniß durch ein achromatiſches Fernrohr von Cauchoir, von 95 Millimeter Oeffnung und mit 80facher Vergrößerung. In folgenden Worten erzählt er das Auftreten der leuchtenden Protuberanzen:

„Die beiden unteren rothen Punkte zeigten ſich zuerſt, der (ſcheinbar) weſtliche vor dem anderen. Sie wuchſen nach und nach, aber ſehr raſch, gleich vollkommen begrenzten, hinter der Mondſcheibe hervortretenden Gegenſtänden. Der weiter rechts am Endpunkte des horizontalen Durchmeſſers gelegene Punkt entwickelte ſich etwas ſpäter, und gleichfalls mit großer Schnelligkeit. Die Form dieſer Hervorragungen ließ ſich mit dem Ausſehen hoher Bergſpitzen vergleichen, welche durch ein rothes Glas geſehen werden, und in ihren Seiten verticale Thaleinſchnitte zeigen. Beſonders war der eine dieſer Miniaturberge von rothen Strichen wie mit Furchen bedeckt, die etwas dunkler als das übrige Bild erſchienen.“

Mit Hülfe eines im gemeinſchaftlichen Brennpunkte des Objectivs und Oculars angebrachten feſten Fadennetzes, fand Hr. Petit 1 Minute 45 Secunden für die Angulargröße der höchſten von den drei Protuberanzen.

Die Beſtimmung Petits ſcheint mir als das Ergebniß einer wahren Meſſung betrachtet werden zu müſſen. Jedenfalls darf man ſie nicht mit den ſo unſicheren Angaben vermengen, welche an anderen Orten durch bloße Schätzung erhalten worden ſind.

Sehr wenige Augenblicke vor dem Wiedererſcheinen der Sonne ſah Petit in der Nähe des Punktes am Mondrande, wo der Austritt erfolgen ſollte, eine neue Flamme ſich erheben, doch war dieſelbe weiß. —

Narbonne.

Die Beobachter in Narbonne, Pinaud und Boisgiraud, haben über die Erſcheinung der röthlichen Hervorragungen in folgenden Ausdrücken berichtet:

„Auf dem (wirklichen) oberen Rande der Mondſcheibe erſchienen vom Endpunkte des verticalen Durchmeſſers an in der Richtung nach Weſten, Hervorragungen wie feurige Berge, links ſenkrecht abfallend und auf der entgegengeſetzten Seite in ſpitzen und ſchroffen Zacken ſich

herabſenkend. Es waren in dieſer Gegend drei deutlich unterſchiedene Gipfel zu ſehen, wovon der erſte, höchſte, eine Höhe von ungefähr dem zwölften Theile des ſcheinbaren Monddurchmeſſers beſaß. Etwas weiter, zur Rechten, erblickte man auf der Peripherie der Mondſcheibe, aber immer nach Außen, mehrere wellenförmige Erhebungen, zwar weniger auffällig als die früheren, aber gleichfalls glänzend. Zwei ähnliche Gipfel, von geringerer Höhe als die Berge der oberen Partie, und mit Abhängen von der nämlichen Richtung, erglänzten zu gleicher Zeit, der eine rechts, ein wenig unter dem horizontalen Durchmeſſer, der andere links, etwas über demſelben. Die letztere Spitze iſt früher als alle anderen bemerkt worden. Die Ausdrücke fehlen, um eine genaue Vorſtellung von dieſen Feuerbergen zu geben. Es war, als ſchauete man glühende Kryſtallfelſen, von zarter Roſenfarbe, und bei einer gewiſſen Durchſichtigkeit mit ruhigem, nicht funkelndem Lichte glänzend. Sie behielten ihre Geſtalt unverändert, dieſelbe Lage und eine vollſtändige Unbeweglichkeit. Nur die Zacken der oberen Partie ſchienen ein wenig zu wachſen, während die totale Finſterniß ſich ihrem Ende näherte, und zwar wuchſen ſie nicht wie ein Körper, der ſich verlängert und ſeine Geſtalt ändert, ſondern wie hohe Gebirge, von denen man zuerſt blos die Gipfel und die mittleren Höhen wahrnimmt, bis allmälich die Baſis ſichtbar wird, indem der ſie verdeckende Vorhang langſam herabſinkt. Dieſes prachtvolle Schauſpiel dauerte bis zum Ende der totalen Verfinſterung. Als die Sonne hinter der dunkeln Scheibe unſeres Satelliten hervortrat, gab ſich das Erſcheinen des erſten Sonnenſtrahles durch einen ſehr lebhaften Lichtblitz kund, weit intenſiver, als der letzte vor dem völligen Verſchwinden glänzende Strahl. In demſelben Momente, und erſt dann, erloſch der den Mond umgebende Strahlenkranz, nebſt den glühenden Zacken, welche einen Theil ſeines Umfangs beſetzten, plötzlich in dem Lichtmeere unſeres Tagesgeſtirns."

Toulon.

Die Beobachtungen von Toulon haben ein beſonderes Intereſſe dadurch, daß dieſe Stadt von der ſüdlichen Grenze der Zone auf der Erdoberfläche, längs welcher die Finſterniß total war, nur wenig entfernt liegt. Dem Schiffscapitän Bérard, Correſpondenten des Inſti-

tuts, verdanke ich die näheren Umſtände der Beobachtung; das Folgende iſt aus dem Briefe dieſes gelehrten Officiers entlehnt:

„Während der ganzen Dauer der totalen Verfinſterung ſah man jenſeit des Mondrandes, ungefähr in der Gegend, wo der Austritt der Sonne erfolgen ſollte, einen ſehr ſchmalen rothen Streifen, mit unregelmäßigen Zacken, oder wie hier und da mit Einſchnitten durchzogen.“

Hr. Bérard bediente ſich eines ſehr ſchwach vergrößernden Fernrohres.

Es ſcheint mir nicht zu bezweifeln, daß der rothe Streifen, deſſen Kapitän Bérard erwähnt, genau daſſelbe Phänomen war, welches zu Perpignan, zu Narbonne, Montpellier, Turin, Mailand u. ſ. w. ſich mit beträchtlichen Hervorragungen zeigte. Iſt dieſe Identität begründet, ſo werden alle Berichterſtatter über totale oder ringförmige Sonnenfinſterniſſe, bei denen von rothen Bögen, die am Mondrande erſchienen, die Rede iſt, die Erſcheinung in kleinem Maaßſtabe geſehen haben, welche die Aſtronomen im Jahre 1842 ſo lebhaft überraſchte. Ich brauche wohl kaum auf die Wichtigkeit hinzuweiſen, die dieſer Schluß haben würde. Um eine ſichere Grundlage dafür zu gewinnen, habe ich mich beſtrebt, den Beobachtern, welche ſich wie Bérard in der Nähe der ſüdlichen Grenze der Zone der totalen Verfinſterung befanden, beſtimmte und ſcharfgefaßte Fragen vorzulegen. Ich werde hier wenigſtens zum Theil die Antwort mittheilen, welche ich von dem Lehrer der angewandten Naturwiſſenſchaften an der Marineartillerieſchule zu Toulon, Flaugergues, erhalten habe. Derſelbe beobachtete auf dem Fort Lamalgue.

„Kurz nach dem völligen Eintritte der Sonne verließ ich das Teleſkop, von einer langen und aufmerkſamen Beobachtung ermüdet. Ich widmete einige Augenblicke feſſelnder Betrachtung dem ſeltſamen Schauſpiele, das der Anblick der Natur allenthalben darbot; aber meine Augen und meine Aufmerkſamkeit wandten ſich bald wieder den beiden Himmelskörpern zu, um mir die Beobachtung des Austrittes nicht entgehen zu laſſen. Noch hatte ich das Teleſkop nicht wieder zur Hand genommen, als mich die Erſcheinung eines rothen Lichtpunktes überraſchte, dem ein zweiter, ähnlicher folgte. In dieſem Moment blickte ich durch das

Instrument und sah dann einen dritten leuchtenden Punkt auftauchen. Mein Fernrohr war mit einem gefärbten Glase versehen, welches die rothen Strahlen durchgehen ließ.“

Die Anzahl der von Hrn. Flaugergues wahrgenommenen Punkte, ihre Farbe und die Stellen, wo sie sich zeigten, kurz alle Umstände dieser Beobachtung sind der Vermuthung günstig, daß die Erscheinung auf dem Fort Lamalgue, ebenso wie der rothe, gezackte Bogen Bérard's, nichts Anderes war, abgesehen von einigen, zum Theil durch die angewandte Vergrößerung zu erklärenden Verschiedenheiten im Aussehen, als das an so vielen anderen Orten beobachtete Phänomen der großen Protuberanzen.

Visan.

Hr. Guérin von Avignon hat seine Beobachtungen zu Visan angestellt, unter 44° 19′ nördlicher Breite und 2° 35′ östlicher Länge. Sein Instrument war ein vollkommen achromatisches Fernrohr von Dollond, von ungefähr 1 Meter Brennweite, 81 Millimeter Oeffnung und 90maliger Vergrößerung. Visan liegt 5 Lieues nördlich von Orange, nicht sehr entfernt von der Nordgrenze der Zone der Totalität, wie auf der diesem Bande beigegebenen Karte über die Bahn des Mondschattens auf der Erdoberfläche (Fig. 3, S. 128) zu sehen ist. Dieser Umstand verleiht den Bemerkungen Guérin's ein erhöhtes Interesse.

Unmittelbar nach dem Augenblicke der totalen Verfinsterung der Sonne sah dieser Beobachter „einige scharf und deutlich hervortretende zackige Punkte, die man auf den ersten Blick für 7 bis 8 Sterne von verschiedener Größe hätte halten können, neben einander auf dem Rande der Mondscheibe, wo die letzten glänzenden Lichtstrahlen eben verschwunden waren.“

„Während der gesammte Raum“, fährt Hr. Guérin weiter fort, „über welchen diese Lichtpunkte in ungleichen Abständen vertheilt waren, etwa den sechsten Theil des Mondumfanges betrug, hatten die beiden größten und sehr merklich ausgezackten Punkte eine Größe von kaum dem zweihundertsten Theile des Monddurchmessers (d. h. 10″). Sie

blieben, wie die kleineren, während der ganzen Dauer der totalen Finſterniß ſichtbar, und verſchwanden plötzlich, ſobald die Sonne wieder zum Vorſchein kam . . . Wenn die ganze Peripherie der Mondſcheibe mit dieſen Lichtpunkten umgeben geweſen wäre, ſo würde ſie den Anblick einer mit Rubinen beſetzten Doſe von Ebenholz dargeboten haben . . . Die Punkte waren röther, aber nicht ſo glänzend als Mars."

Digne.

Die von Hrn. Eugen Bouvard mir mitgetheilte Beobachtung der Protuberanzen weicht in weſentlichen Umſtänden von den an allen anderen Orten gemachten Wahrnehmungen ab. Ich laſſe den jungen Aſtronomen ſelbſt reden:

„Während ich mit der Meſſung der Corona beſchäftigt war, bemerkte ich an dem ſcheinbaren unteren Rande der Mondſcheibe zwei ſehr merkwürdige Lichterſcheinungen (faisceaux). Von dieſen war die eine (zur Rechten) wenigſtens ein Dritttheil breiter als die andere; beide beſtanden aus Strahlen von ſchöner rother Farbe, mit einigen Orangeſtrahlen untermiſcht. Sie nahmen an Breite zu ſich und wurden gleichzeitig ſchwächer, je weiter ſie ſich vom Mondrande entfernten.

„Dieſe Lichtbündel konnten ſelbſt mit bloßen Augen wahrgenommen werden, und blieben bis lange nach dem Ende der totalen Verfinſterung ſichtbar."

Marſeille.

Man würde ſich mit Recht verwundern, hier keine detaillirte Erwähnung der von Hrn. Valz in Marſeille gemachten Beobachtungen zu finden, wenn ich nicht daran erinnerte, daß nach den mir zugekommenen Notizen ich nicht das Recht habe, die von dem geſchickten Aſtronomen geſehenen leuchtenden Punkte als Protuberanzen zu betrachten, und daß ich ſeine Arbeit deshalb in dem auf die inneren Lichterſcheinungen bezüglichen Abſchnitte zu analyſiren hatte. *)

*) Siehe das 15. Kapitel S. 173 ff.

§ 2. — Beobachtungen außerhalb Frankreich.

La Superga, bei Turin.

Mit folgenden Worten beschreibt Hr. Airy die Erscheinung der leuchtenden Protuberanzen:

„Während ich nach dem totalen Verschwinden der Sonne den Mond untersuchte, gewahrte ich zu meiner sehr großen Ueberraschung kleine rothe Flammen am scheinbaren unteren Rande der Mondscheibe. (Dieser untere Rand war der obere für den Beschauer mit unbewaffnetem Auge.) Die Anzahl dieser Flämmchen betrug drei, wie ich im Gedächtniß behalten habe, und wie außerdem durch die Zeichnung in meinem Taschenbuche, die ich wenige Minuten nach der Erscheinung entwarf, bestätiget wird. Dieselben glichen an Gestalt und Stellung den Zähnen einer Kreissäge, welche im Sinne der Bewegung des Uhrzeigers schneiden soll. Ihre Höhe überstieg gewiß nicht den vierten Theil der Breite des Lichtringes, oder ungefähr eine Minute. Die Entfernung zwischen der ersten und der dritten Flamme umfaßte einen Bogen von vielleicht 40 Graden oder mehr, auf dem Umfange des Mondes."

Madame Airy sah die Flammen mit bloßem Auge.

Pavia.

Ich übersetze hier die Stelle, welche sich in der Abhandlung des Hrn. Baily auf die rothen Hervorragungen bezieht:

„Der merkwürdigste Umstand der ganzen Erscheinung war das Auftreten dreier großen Protuberanzen, welche augenscheinlich einen Theil der Corona bildeten, obgleich sie aus dem Umfange des Mondes hervorzukommen schienen. Sie hatten das Aussehen von ungeheuer hohen Bergen und waren von rother Farbe, mit Lila oder Purpur gemischt; vielleicht kommt man der Wahrheit am nächsten, wenn man sie mit der Farbe der Pfirsichblüthe vergleicht. Zuweilen schienen mir diese Protuberanzen den Schneegipfeln der Alpen vergleichbar, wenn sie von den Strahlen der auf- oder untergehenden Sonne beschienen werden. Auch in der Beziehung trat die Aehnlichkeit der Hervorragungen mit den Alpengipfeln hervor, daß sie ein vollkommen ruhiges

Licht beſaßen, welches keine Spur von Funkeln oder Schwanken zeigte, wie in den übrigen Theilen der Corona ſo deutlich der Fall war.

„Die drei Protuberanzen waren von der nämlichen Roſenfarbe, und gleich hervorſtechend auf dem weißen und lebhaften Lichte der Corona; ihre Größe dagegen war verſchieden ... Die größte hatte einen Einſchnitt bis zum Fuße herab, dergeſtalt, daß man glauben konnte zwei unterſchiedene Gegenſtände zu erblicken, welche ſich auf einander projicirten.“

Hr. Baily benutzte ein achromatiſches Fernrohr von Dollond von 1,07 Meter ($3^1/_2$ Fuß engl.) Brennweite; die Vergrößerung war ungefähr 40fach.

Lodi und Mailand.

Für die Discuſſion in Betreff der leuchtenden Hervorragungen würden den Aſtronomen die zu Mailand von dem gelehrten Director der Brerafternwarte angeſtellten Beobachtungen von beſonderem Intereſſe ſein; allein die von Hrn. Carlini veröffentlichte Abhandlung enthält auch nicht eine auf das fragliche Phänomen bezügliche Stelle. Was uns über die Beobachtungen in der Lombardei bekannt geworden iſt, verdanken wir einem intereſſanten, aber ſehr abgekürzten, im mailänder Inſtitute vorgeleſenen Berichte von Hrn. Piola, einem Artikel in der Gazzetta privilegiata di Milano, endlich einem Aufſatze von Hrn. Majocchi.

In dem Berichte Piola's, welcher ſich nach dem in der Nähe der Centralcurve gelegenen Lodi begeben hatte, lieſt man, daß der Beobachter drei Hervorragungen wahrnahm. Dieſelben werden als dreieckige Ausſtrahlungen bezeichnet, doch gibt er ihnen krummlinige, nach Innen zu convexe Seiten. Dem Verfaſſer des Berichtes erſchienen dieſe dreiſeitigen Figuren nur an den Rändern leuchtend, in der Mitte dagegen dunkel. Einen Unterſchied in der Größe gibt Piola nicht an; ſeiner Schätzung nach habe die Breite der Baſis bei jeder Ausſtrahlung ungefähr 10 Grade auf der Mondperipherie betragen, ihre Höhe etwa den vierten Theil vom Halbmeſſer der Mondſcheibe. Letzterer Angabe würden ungefähr 4 Minuten entſprechen.

Die Flammen wurden zu Mailand, zu Brescia und Novara geſehen, aber die in den genannten Städten weilenden Beobachter ſprechen

in ihren Erzählungen nur von zwei Flammen, nicht von drei. Professor Majocchi beschreibt sie mit den Worten: „Auf dem oberen Theile des Mondes bemerkte man zwei glänzende Punkte, zwei glühenden Kohlen vergleichbar.“

In Mailand beobachteten der Hauptmann Graf Huyn und Lieutenant Kuhn vom österreichischen Generalstabe die Flammen durch ein Fernrohr und ein Spiegelteleskop, welche dem physikalischen Cabinet des Liceo di Porta nuova gehörten. Hr. Luigi Magrini berichtete über die Beobachtungen der beiden genannten Officiere in der Gazzetta privilegiata di Milano vom 9. Juli 1842.

Auf die fraglichen Phänomene bezieht sich folgende Stelle in dem Artikel des gelehrten Professors:

„Während der totalen Verfinsterung wurde die Aufmerksamkeit der beiden Beobachter vorzugsweise durch zwei beträchtliche Hervorragungen von dreieckiger Gestalt, die sich am oberen Theile des Mondumfanges zeigten, in Anspruch genommen. Die Höhe und Grundfläche der Figuren betrug etwa einen Zoll (ein Zoll bezeichnet den zwölften Theil des Monddurchmessers), der Abstand zwischen ihren Grundflächen drei Mal so viel. Leuchtende Strahlen gingen unaufhörlich von den Rändern der beiden Dreiecke aus, welcher Umstand hauptsächlich das Phänomen so imposant machte.“

In dieser Erzählung ist, wie man sieht, nur von zwei Hervorragungen die Rede.

Padua.

Zu Padua beobachteten die Finsterniß drei ausgezeichnete Astronomen, die Herren Santini, Conti und Biela.

Santini bemerkte in dem Augenblicke, wo er das farbige Glas, dessen er sich bis dahin zur Beobachtung der Phasen bedient hatte, abnahm, zwei sehr hohe feurige Pyramiden: die erste ungefähr 20 Grade westlich von dem höchsten Punkte der Mondperipherie, die andere von demselben Punkte 40 Grade in der nämlichen Richtung entfernt. Santini vergleicht diese Lichterscheinungen mit der aus der Ferne gesehenen Feuersbrunst eines Stroh- oder Rohrdaches; ihre Farbe bezeichnet er

als purpurviolett. Die Höhe der Purpurflammen ſchätzt der gelehrte Director der Sternwarte zu Padua auf mehr als eine Minute.

Er führt an, daß mehrere Perſonen die Flammen mit unbewaffnetem Auge ſahen.

Santini bediente ſich eines vierfüßigen Frauenhofer'ſchen Refractors, mit 85facher Vergrößerung und einem gelbgrün gefärbten Sonnenglaſe.

Conti beobachtete durch ein achromatiſches Fernrohr von Suttlewort, mit einer 40fachen Vergrößerung und rothem Blendglaſe.

„Als die Sonne", ſagt dieſer Aſtronom, „kaum verſchwunden war, nahm ich das Blendglas weg, und bemerkte dann in 50 Grad Abſtand vom höchſten Punkte des Mondrandes nach rechts gerechnet, einen leuchtenden Punkt, welcher ſich in der Geſtalt einer Pyramide erhob und eine rothviolette Färbung annahm. Eine zweite minder beträchtliche Pyramide erſchien hierauf 15 Grade zur Rechten von demſelben oberſten Punkte des Randes."

In der Erzählung von Conti ſind beſonders folgende Worte beachtungswerth: „Die beiden Lichtpyramiden blieben noch lange Zeit (per lungo tempo) nach dem Wiedererſcheinen der Sonne ſichtbar."

Hr. Biela drückt ſich folgendermaßen aus (wörtlich überſetzt*)): „Auf ein Mal ſah man unten (im aſtronomiſchen Fernrohre) aus dem Monde drei Pyramiden von dunkelrother oder vielmehr purpurner Färnung hervorſchießen, etwa wie glühende Kohlen leuchtend. Zwei von dieſen Pyramiden, zur Rechten, waren einander nahe; die dritte größere befand ſich mehr zur Linken, aber noch rechts von dem Punkte, wo die erſten Sonnenſtrahlen wieder hervorbrachen.

„Die erſten Strahlen der Sonne erſchienen an verſchiedenen getrennten Punkten ſprungweiſe, und vereinigten ſich in wenigen Augenblicken zu einer äußerſt feinen Sichel; die rothen Pyramiden hörten auf ſichtbar zu ſein, als die Sichel einige Secunden gebildet war."

Vicenza.

Der Profeſſor Caſari in Vicenza berichtet, daß er an zwölf röth-

*) Vergl. Schumacher's Aſtr. Nachrichten Nr. 487, S. 102 ff. Anm. d. d. Ausg.

liche Kegel erblickt habe, die sich längs eines Bogens von etwa 60 Graden auf dem oberen Theile des Mondumfanges vertheilten. Einige waren isolirt, andere zu Gruppen vereinigt.

Es läßt sich nach der von Casari entworfenen Zeichnung constatiren, daß die beiden beträchtlichsten Kegel, wenigstens ihrer Lage nach zu urtheilen, dieselben waren, welche überall anderswo beobachtet wurden.

Aber Casari bemerkte sehr deutlich und scharf, wie er sagt, Dinge, von denen keinem Anderen sonst die mindeste Ahnung gekommen ist: er sah auf den Gipfeln und an den Seiten der hauptsächlichsten Kegel rothe Rauchsäulen, welche sich in ihrer aufsteigenden Bewegung kreuzten und eine heftige continuirliche Agitation zu erfahren schienen. „Diese Phänomene", sind Hrn. Casari's Worte, „riefen in mir den Gedanken an eine Gruppe glühender Kegel, brennender Vulcane hervor, die durch ihre Gipfel und ihre Seiten röthliche Dämpfe ausstießen."

Venedig.

Vor Allem müssen wir bemerken, daß Venedig ebenso wie Toulon fast an der südlichen Grenze der Zone auf der Erdoberfläche gelegen ist, längs deren die Finsterniß eine totale war.

Ich habe vom Abbé Francesco Zantedeschi eine ausführliche Beschreibung der am 8. Juli 1842 zu Venedig angestellten Beobachtungen erhalten. Jedoch findet sich in diesem zwanzig Druckseiten von feinem und engem Drucke füllenden Berichte nicht die entfernteste Hindeutung auf das Phänomen der „feurigen Zungen", um mich des Ausdruckes eines italienischen Autors zu bedienen.

Wien.

Hr. Schumacher hatte sich zur Beobachtung der Finsterniß von Altona nach Wien begeben. Ihm war ein achtfüßiger Frauenhofer'scher Refractor von 6 Zoll Oeffnung zur Disposition gestellt. Die für das Ocular bestimmten Sonnengläser gaben ein fast weißes Sonnenbild. Wir lassen nun den gelehrten Director der altonaer Sternwarte in eigner Person reden:

„Als ich nach dem Verschwinden des letzten Lichtpunktes die beob-

achtete Zeit aufgezeichnet hatte und wieder durch das Fernrohr blickte, ſah ich den Mond von einem farbenloſen Lichtringe umgeben, der ſich allmälich in das Grau des Himmels verlor, aber zugleich zeigte ſich eine ganz unerwartete Erſcheinung. Auf den erſten Anblick glaubte man an drei Stellen des Mondrandes rothe Flammen hervorbrechen zu ſehen, indeſſen bemerkte man nach ein paar Augenblicken ruhiger Betrachtung, daß in dieſen ſcheinbaren Flammen keine Bewegung war. Sie erſchienen vielmehr als zackigte, in hellem, roſenrothem Lichte ſtrahlende Gipfel von Gletſchern, die ſich etwa 1 bis 2 Minuten über dem Mondrande erhoben. Die flüchtige, dieſem Aufſatze beigegebene Zeichnung*), die ich unmittelbar nach der Finſterniß entwarf, wird wenigſtens im Allgemeinen einen Begriff von der ſchönen Erſcheinung geben, kann aber keinen Anſpruch auf genauere Darſtellung der Details und Richtigkeit der Dimenſionen machen. Weder das Eine noch das Andere war in der kurzen Zeit, die zur Betrachtung blieb, möglicherweiſe zu erhalten.

„Veränderungen in der Form oder in der Höhe dieſer Berge (ich brauche das Wort Berge nur, um die Erſcheinung kurz zu bezeichnen, ohne dadurch Etwas über ihr Weſen beſtimmen zu wollen) habe ich nicht bemerkt, obgleich die Güte des Fernrohrs und das helle Sonnenglas mir Alles vorzüglich deutlich zu ſehen erlaubte. Leider aber war die Zeit, in der ich ſie ruhig betrachten konnte, ſehr kurz. Die Dauer der totalen Verfinſterung war nur 1 Minute 57 Secunden. Rechnet man nun für Ableſung der Uhr und Aufzeichnung der Beobachtung 10 Secunden, wiederum 10 Secunden, in denen ich von der unerwarteten Erſcheinung überraſcht ſie, zweifelnd ob ich recht ſah, eigentlich nur anſtaunte, endlich etwa 20 Secunden, in denen ich vor dem Ende der totalen Finſterniß meine Aufmerkſamkeit auf das Wiedererſcheinen des erſten Lichtpunktes richtete, ſo bleiben, wenn man dieſe 40 Secunden von der Dauer der totalen Finſterniß abzieht, nur $1\frac{1}{4}$ Minute für

*) Siehe Schumacher's Aſtronomiſche Nachrichten Nr. 457 S. 1, oder Schumacher's Jahrbuch für 1843 S. 231, woraus die obige Beſchreibung entlehnt iſt. Anm. d. d. Ausg.

den Zeitraum nach, in dem ich keine Veränderungen bemerkt zu haben sagen kann.

„Kurz vor dem Ende der totalen Finsterniß erhob sich an dem Theile des Mondrandes, wo der erste Lichtfunken austreten sollte, eine schmale rosenrothe Schichte (sie nahm vielleicht 70 bis 80 Grade des Mondrandes ein), die aber, als dieser Lichtfunken erschien, zugleich mit den rothen Bergen und dem Lichtringe, der den Mond umgab, verschwand.“

Hr. v. Littrow, Director der Sternwarte in Wien, hat die Güte gehabt, mir zu wiederholten Malen in Betreff der röthlichen Hervorragungen zu schreiben. Folgendes ist ein Auszug aus den Briefen des österreichischen Astronomen:

„Kurze Zeit nach der Bildung des Mondringes kamen leuchtende Flecken an mehreren Punkten des Umfanges unseres Satelliten zum Vorschein. Drei unter diesen Lichtanhäufungen waren hauptsächlich bemerkenswerth. Von Farbe roth und bläulich, hatten sie mit Gletschergipfeln viel Aehnlichkeit, welche von den Strahlen der aufgehenden oder der untergehenden Sonne vergoldet werden. Nur endigten sie nicht in Spitzen. Der beträchtlichste der Flecken maaß beinahe fünf Bogenminuten in der Höhe und zwei Minuten an der Basis.

„Die Flecken gingen vom Weiß zum Roth und zum Violett, und legten auf dem Rückwege dieselben Farben in umgekehrter Ordnung zurück. In der Mitte der totalen Finsterniß hatten die Farben ihre größte Intensität. Die verschiedenen, an demselben Flecken wahrnehmbaren Farben waren durch gerade Linien von einander getrennt. Ich bediente mich keines gefärbten Glases.

„. . . Auf Ihre Anfrage habe ich mit der Versicherung zu erwiedern, daß in meine Schätzung über die Angulardimensionen der leuchtenden Flammen sich kein Irrthum eingeschlichen hat. Die größte ging beinahe fünf Minuten über den Mondrand hinaus, und die (Breite der) Basis betrug zwei Minuten. Der Adjunct der Sternwarte, Hr. Schaub, hat im Landhause des Hrn. Ministers Kolowrat nahezu dieselben Werthe gefunden. Wir haben Beide das Gesichtsfeld der Frauenhofer'schen Fernröhre, durch welche wir beobachteten, zur Vergleichung angewendet.

„Ich muß zu dem, was ich Ihnen ſchon geſchrieben, zwei wichtige Umſtände hinzufügen:

„Die Flammen waren ſichtbar, bevor ſie ſich färbten; ebenſo behielten ſie ihre Sichtbarkeit, nachdem ſich ihre Färbung wieder verloren hatten. Die Geſtalt der Flecken blieb unverändert.“

Rußland.

Der ruſſiſche Miniſter der Volksaufklärung, von Ouwarow, hatte zehn geübten Beobachtern freigebig die Mittel zur Verfügung geſtellt, um ſich an fünf Punkte des europäiſchen Rußlands, die nahezu auf der Mittellinie der totalen Bedeckungszone belegen waren, zu begeben. Das Wetter begünſtigte jedoch nur die Beobachter zu Lipezk, die Herren Otto Struve und Schidlowsky. *)

Das von Hrn. Schidlowsky gebrauchte Inſtrument war ein Frauenhofer von 23 Linien Oeffnung und einer Brennweite von nahezu $1^3/_4$ Fuß. Die Vergrößerung war 37 Mal bei einem Geſichtsfelde von 56 Minuten.

Das Folgende iſt wörtlich aus dem Berichte von Otto Struve entlehnt. **)

„Herr Magiſter Schidlowsky verfolgte den Mond während der ganzen Dauer der totalen Verfinſterung mit dem Fernrohre. Hier ſtellte ſich ihm kurz vor dem Wiedererſcheinen der Sonne ein höchſt intereſſantes Phänomen dar. Es erſchien ihm nämlich, als ob an mehreren Punkten des Mondrandes plötzlich Flammen hervorbrächen von einem roſenrothen Lichte, die aber während der kurzen Zeit, wie er ſie ſah, eine gleichmäßige Geſtaltung behielten, nach Art von Bergen, deren ſcheinbare Höhe er gegen 2 Minuten ſchätzte, wobei auch ein größerer Theil des übrigen Mondrandes mit einem ähnlichen roſenfarbenen Saume bekleidet war. Herr Schidlowsky hatte übrigens

*) In dem Aufſatze des Directors v. Struve, Aſtronom. Nachrichten N. 470, iſt blos von den vier Punkten Dubno, Tſchernigow, Lipezk und Penſa die Rede, und wird bemerkt, daß die Beobachtung nur an den beiden mittleren Punkten gelang, da trüber Himmel ſie an den anderen verhinderte. Anm. d. d. Ausg.

**) Ebendaſelbſt, S. 230. Anm. d. d. Ausg.

nicht Zeit, die ganze Peripherie des Mondes genau mehr zu betrachten, da unmittelbar nach dieser Erscheinung die Sonne wieder hervortrat. . . .

„Daß Schidlowsky nur erst ganz gegen das Ende der totalen Verfinsterung diese Erscheinung gesehen hat und nicht während der ganzen Dauer derselben, wie es an anderen Orten, insbesondere in Wien, geschehen ist, erklärt sich wohl leicht aus dem Umstande, daß er sein Blendglas ganz abgeschraubt hatte und daher anfangs durch den hellen Schein um den Mond geblendet wurde. . . .

„Eine Spur davon, daß diese Erscheinung auch vom Anfange an bei uns stattfand, glaube ich noch vor dem Eintritte der totalen Verfinsterung gesehen zu haben, indem sich auch in meinem Fernrohre ganz kurz vor dem Verschwinden des letzten Sonnenstrahls eine rothe Schichte am Mondrande zeigte, auf einer von dem Punkte, wo die Sonne verschwand, ungefähr um einen halben Quadranten entfernten Stelle der Peripherie."

Einundzwanzigstes Kapitel.

Beobachtung der Protuberanzen während der totalen Sonnenfinsterniß vom 8. August 1850.

Die farbigen Hervorragungen, welche während der totalen Sonnenfinsterniß von 1842 am Mondrande zum Vorschein kamen, riefen in der gelehrten Welt eine sehr gerechtfertigte Ueberraschung hervor. Im vorhergehenden Kapitel habe ich alle Beobachtungen dieses Phänomens zusammengestellt, die zu meiner Kenntniß gekommen sind. Die nämliche Erscheinung von Protuberanzen oder Flammen, die den Umfang des Mondes beträchtlich überragten, wurde bei der totalen Finsterniß in Honolulu am 8. August 1850 wahrgenommen. Wir lassen Hrn. Kutczycki darüber selbst das Wort führen:

„Ich komme jetzt zu dem bemerkenswerthesten und auffallendsten Phänomene der totalen Sonnenfinsterniß, ich meine die violettrosenrothen Protuberanzen, die im Jahre 1842 zum ersten Male beobachtet worden sind. Ich kann mir nicht erklären, wie die älteren Beobachter dieser Erscheinung nicht gedenken. Entweder müßte man voraussetzen,

was wenig Wahrscheinlichkeit für sich hat, weil die Erscheinung sich bereits zum zweiten Male wiederholt hat, daß die rothen Flammen bei keiner früheren Finsterniß vorhanden gewesen wären, oder daß man ihnen keine Aufmerksamkeit geschenkt hätte, was durch ihren auffallenden Charakter und die Leichtigkeit, mit der sie in gewöhnlichen Fernröhren wahrzunehmen sind, gleichfalls nicht wohl annehmbar erscheint. Das Erste, was mir auffiel, als ich nach Entfernung des gefärbten Glases das Auge an das Ocular brachte, um den Mondrand zu untersuchen, war die ungemeine Schärfe, mit welcher man die Gegenstände sehen konnte. Der Rand der Mondscheibe trat vollkommen scharf und ohne die mindeste Undulation schwarz auf dem milden Lichte der Corona hervor; die dunkeln Strahlen (traits) der letzteren waren von bewundernswürdiger Bestimmtheit, während in anderer Beziehung das Fernrohr viel zu wünschen übrig ließ. Auf dem perlenweißen Felde der Corona zeigte sich fast genau am östlichsten Punkte der Mondscheibe eine Hervorragung von wunderbarer Schärfe und Färbung, während eine andere, breitere, dem Mondrande parallel lief: in der Nähe derselben sah man einen beträchtlich längeren, sehr feinen, rosenrothen Streifen. Eine dritte Protuberanz von geringerer Höhe, aber weiterer Entfaltung (plus épanouie), befand sich auf der Westseite des Mondes, ein wenig nach Norden. Die Südseite und der untere Theil des Randes waren von jeder Umsäumung vollständig frei, trotzdem daß gerade da der Mondrand am wenigsten über die Sonnenscheibe hervorragte.

„Die Protuberanz im Osten, die bemerkenswertheste von allen, hatte die Gestalt einer halben Ellipse, deren kleine Axe den Mondumfang berührte; die senkrecht dagegen gerichtete große Axe schien doppelt so lang zu sein, als die kleine.

„Die rosenrothe Färbung dieser Protuberanz hatte einen leichten Zug ins Violette und war an den Rändern etwas dunkler; von da nahm sie nach dem Centrum zu allmälich sich verlierend ab, dergestalt daß sie nur einen Gürtel von gleichmäßiger Breite zu bilden schien, welche nicht mehr als den dritten Theil der Basis betrug. Die Mitte, bläulich in der Richtung der Axe, ging dann in Weiß über, mit der rosenrothen Umgebung. Das Ganze hatte völlig das Aussehen einer

Kerzenflamme, erſchien aber ſehr feſt und unbeweglich. Auf dem Mondrande war an der Stelle, wo dieſer eigenthümliche Auswuchs ſich zeigte, keine Unebenheit wahrzunehmen. Ich verſuchte mit einem Rochon'ſchen Mikrometer die Höhe der Protuberanz zu meſſen, und erhielt den außerordentlichen Betrag von 3′ 58″. Dieſe Meſſung iſt jedoch mehr als zweifelhaft, und ich traue mehr der Schätzung des Verhältniſſes ihrer Länge zur Dimenſion des Geſichtsfeldes des Fernrohrs, wonach ich einen Werth von höchſtens 1 bis $1^1/_2$ Minuten bekomme.

„Während ich mich mit der mikrometriſchen Meſſung beſchäftigte, fiel mir der Umſtand auf, daß das eine der beiden Bilder der Protuberanz ſeine Helligkeit beträchtlich änderte, ohne ſeine Farbe zu ändern, oder vollſtändig zu verſchwinden, wenn man das Prismenfernrohr drehte: ihr Licht war folglich wenigſtens zum Theil polariſirt. Das von der Corona ausgehende Licht ſchien mir an dieſem Vorgange nicht theilzunehmen. Da vor Allem die Meſſung meine Thätigkeit in Anſpruch nahm, ſo muß ich einräumen, auf die erwähnte Intenſitätsänderung nicht die ganze Aufmerkſamkeit, die ſie verdiente, verwendet zu haben; indeſſen ſteht die Thatſache vollkommen feſt.

„Die beiden anderen Protuberanzen hatten denſelben Charakter, wie die eben beſchriebene; nur ſprangen ſie weniger weit vor und waren mehr entfaltet. Statt der Endigung in eine abgerundete Spitze beſaßen beide eine Spaltung, die ihnen das Ausſehen von Flammen gab. Der roſenrothe Streifen erſchien gleichförmig gefärbt, ohne eine bläuliche Nuance in der Mitte; übrigens erreichte ſeine Dicke kaum den ſechſten Theil des roſenrothen Gürtels der anderen Hervorragungen, während er in der Länge die öſtliche Protuberanz übertraf.

„Bei Wiederholung der Prüfung überzeugte ich mich zweifellos, daß die größere Protuberanz kleiner geworden war, während die Dimenſionen der übrigen zugenommen hatten. Ich habe dieſe Veränderungen ſorgfältigſt verfolgt, und glaube die poſitive Behauptung ausſprechen zu können, daß dieſe Ausſtrömungen oder Hervorragungen von der Sonne herrühren. Noch ſpäter ergab eine dritte Prüfung, als der Austritt der Sonne nahe bevorſtand, daß die Flecken im Norden und im Weſten beträchtlich gewachſen waren, wobei der ſchmale Streifen in der Nähe des nördlichen Fleckens ſich völlig vom Rande des Mondes los-

getrennt hatte; er erschien jetzt selbst in zwei durch einen kleinen Zwischenraum geschiedene Stücke getheilt. Die nach diesem Intervalle gerichteten Enden waren etwas entfaltet, wodurch das Bild zweier kleinen Pfeile entstand, die sich ihre Spitzen zukehrten, und von denen der äußere zweimal so lang als der innere war. Einen Augenblick vor dem Wiedererscheinen der Sonne, als die beiden Protuberanzen im Norden und Westen noch merklich größer geworden waren, ohne jedoch die anfängliche Dimension des östlichen Fleckens zu erreichen, und als die Gestalt des Streifens der eben gegebenen Beschreibung entsprach, erschienen auf dem Rande der Mondscheibe, in Projection auf dem ganz hellen Theile der Strahlenkrone, eine Menge kleiner dicht gedrängter Punkte, von derselben rosenrothen Färbung, welche offenbar von gleicher Beschaffenheit mit den größeren Auswüchsen waren. Das Ganze machte den Eindruck eines äußerst schmalen, mindestens 60 Grade einnehmenden Flammengürtels, dessen rosenrothe Gipfel oder Zacken einen lebhaften rothen Kreis längs des Mondrandes vor dem Austritte der Sonne bildeten.

„Vielleicht ist dies derselbe lebhafte rothe Kreis, dessen Erscheinen Louville in dem Berichte über die Finsterniß von 1715 erwähnt. Dieser Kreis bietet nebst der schmalen Rauchsäule, welche Ferrer während der totalen Finsterniß des Jahres 1806 sah, den einzigen bei den früheren Beobachtungen angeführten Umstand dar, der mit Wahrscheinlichkeit auf das merkwürdige Phänomen, dessen Beschreibung ich gebe, bezogen werden kann.*)

„Sind nun diese Auswüchse an verschiedenen Theilen der Sonnenoberfläche unveränderlich fest, oder sind sie wie die Sonnenflecken und Sonnenfackeln beweglich? Wollte man zur Entscheidung dieser Alternative die erste Annahme direct verificiren und die Hervorragungen an demselben Orte wiederfinden, so würde dazu ein Zusammentreffen von Umständen erforderlich sein, welche sich selbst bei einer großen

*) Um jede Ungewißheit des Lesers zu beseitigen, muß ich ausdrücklich bemerken, daß in der Beschreibung sowohl der Corona als der Protuberanzen, alle Ausdrücke sich auf die wirkliche Lage der beiden Himmelskörper, nicht auf die Stellung des im astronomischen Fernrohre gesehenen Bildes beziehen.

Menge von Beobachtungen nur sehr selten ereignen können. Ueberdem erscheint mir die zweite Annahme nicht blos aus dem Grunde wahrscheinlicher, weil sie mit der bekannten physischen Constitution der Sonnenphotosphäre mehr im Einklange steht, sondern ich finde auch in der Beobachtung von Honolulu einen die Hypothese unterstützenden Umstand, aus dem vielleicht ein positiver Beweis dafür hergeleitet werden kann. Dieser Umstand besteht in Folgendem: die östliche Protuberanz hatte eine solche Lage, daß die Stelle, welche sie über der Sonnenoberfläche einnahm, infolge der Axendrehung der Sonne einige Tage nach der Finsterniß auf der Sonnenscheibe sichtbar werden mußte. Ich stellte mir also die Aufgabe, mehrere aufeinander folgende Tage nach der Finsterniß den östlichen Theil der Sonnenscheibe genau zu untersuchen. Am Morgen des 9. August nun glaubte ich auf der Ostseite, und zwar so genau als eine Schätzung nach dem Augenscheine möglich ist, an der der vorhergehenden Protuberanz entsprechenden Stelle eine große Sonnenfackel zu bemerken. Die Unvollkommenheit des angewandten Fernrohrs, welches die Sonnenfackeln nur sehr undeutlich zeigte, läßt einigen Zweifel rücksichtlich meiner Vermuthung bestehen, indeß wird sie sich vermuthlich durch die genaueren Beobachtungen verificiren lassen, welche auf den europäischen Sternwarten über die Sonnenflecken und die Sonnenfackeln gemacht werden.

„Die nämliche Sonnenfackel habe ich am 10. und 11. August in einer der Mitte der Sonne näher gerückten Stellung wieder gesehen, aber kein Mal deutlich genug, um eine positive Ueberzeugung zu gewinnen. Ich muß mich also begnügen, nicht die Erklärung dieser merkwürdigen Auswüchse, wohl aber eine nicht unwahrscheinliche Hypothese aufzustellen, die sich an ihre Theorie knüpft. Ich denke mir die großen Protuberanzen durch die Emanationen der großen Sonnenfackeln und Lichtadern verursacht, und in ihrer Gestalt und Dimension von einer halben Ellipse bis zu einem schmalen Streifen herab variirend, je nach der Form oder der Lage der erzeugenden Lichtanhäufung. Es läßt sich ferner annehmen, daß von der ganzen Sonnenoberfläche eine derartige Emanation ausgehen und die Quelle einer sehr großen Zahl außerordentlich kleiner Protuberanzen bilden mag, wodurch jener Kreis von rosenrothen Flammen erklärt würde, der einen

Augenblick vor dem Austritte des Sonnenrandes ſich gezeigt hat. Dieſe Vorausſetzung wird der Gewißheit um ſo näher kommen, wenn durch genauere Beobachtungen als die meinigen dargethan wird, daß zwiſchen dem 7. und 15. Auguſt 1850 auf der Oſtſeite der Sonnenſcheibe eine größere Sonnenfackel erſchienen iſt. Was den ſchmalen Saum betrifft, ſo kann ich leider nicht behaupten, ihn auf der ſüdweſtlichen Seite der Sonne nach dem Eintritte der Finſterniß geſehen zu haben, allein ich hege die Hoffnung, daß ſein ununterbrochenes Daſein bei den künftigen totalen Sonnenfinſterniſſen ſich wird conſtatiren laſſen."

Zweiundzwanzigſtes Kapitel.

Von den während der totalen Sonnenfinſterniß vom 28. Juli 1851 wahrgenommenen Protuberanzen.

Im dritten Bande meiner populären Aſtronomie*) habe ich eine Zuſammenſtellung der an den Küſten von Schweden und Norwegen, in Preußen und in Polen während der totalen Sonnenfinſterniß vom 28. Juli 1851 angeſtellten Beobachtungen gegeben.

Ich werde mich daher an dieſem Orte mit der Hervorhebung der für die Theorie ſehr wichtigen Thatſache begnügen, daß eine auf der Weſtſeite von Sonne und Mond liegende Protuberanz beobachtet wurde, welche unter einem nahezu rechten Winkel hakenförmig gekrümmt erſchien, und außerdem in der verlängerten Richtung des Hakens eine faſt kreisrunde, frei ſchwebende Maſſe enthielt, die vom Rande der Sonne und des Mondes vollkommen abgelöſt war. Die näheren Umſtände dieſes Phänomens ſind ſpeciell von den Herren Hind in Ravelsberg, Wolfers in Frauenburg, Otto Struve in Lomſa, Mauvais und Goujon in Danzig ſtudirt worden. Es läßt ſich folglich nicht mehr in Zweifel ziehen, daß die rothen Hervorragungen, welche ſich während einer totalen Sonnenfinſterniß an verſchiedenen Punkten des Mondrandes zu zeigen pflegen, zuweilen von den Rändern der beiden Geſtirne völlig losgelöſt ſind.

*) Buch 22, Kapitel 14, S. 487.

Dreiundzwanzigstes Kapitel.

Ueber die Urſache der Protuberanzen. — Aeltere Beobachtungen der Erſcheinung. — Sind die Protuberanzen als Mondberge, als Sonnenberge, als Wolken der Sonnenatmoſphäre, oder als die Wirkung einer optiſchen Täuſchung anzuſehen? — Beſchränkt ſich die Möglichkeit ihrer Beobachtung auf den Eintritt einer totalen oder ringförmigen Sonnenfinſterniß?

Ich beabſichtige in dieſem Abſchnitte die verſchiedenen Geſichtspunkte einer Prüfung zu unterwerfen, aus denen man eine befriedigende Erklärung der geheimnißvollen Phänomene herleiten könnte, deren hauptſächliche Charaktere wir dem Leſer vorgeführt haben.

Die nächſte Frage iſt: wo befanden ſich die röthlichen, vollkommen ſcharf begrenzten Flammen, welche während der ganzen Dauer der totalen Finſterniß vom 8. Juli 1842, ſo wie bei den Sonnenfinſterniſſen von 1850 und von 1851 über den Umfang der Mondſcheibe nicht unbeträchtlich hervorragten?

Der Ort jener Flammen konnte entweder auf der Sonne, oder auf dem Monde, oder in der Atmoſphäre unſerer Erde ſein, vorausgeſetzt, daß man nicht als vierten Ausweg ihnen eine reelle Exiſtenz abſprechen, und ſie in gewiſſer Beziehung mit den Erſcheinungen der Regenbogen, der Höfe, der Nebenſonnen, u. ſ. w. vergleichen will. Alsdann würden ſie in die Kategorie der bloßen Lichterſcheinungen, wie z. B. die Beugungsphänomene gehören. *)

---

*) Nicht ohne Erſtaunen habe ich geſehen, daß gewiſſe Beobachter eine wirkliche Entdeckung gemacht zu haben meinten, indem ſie ohne jedweden Beweis die Behauptung ausſprachen, daß die leuchtenden Protuberanzen Berge oder Wolken auf der Sonne ſeien. Ich kann mit zwei Worten die Prioritätserörterungen, die man dem Publikum vorgeſetzt hat, abſchneiden, indem ich nachweiſe, daß die vermeintliche Entdeckung, wenn es eine ſolche wäre, dem Datum der Veröffentlichung zufolge dem Abbé Peytal gehört, einem der Mitarbeiter des Hrn. Petit in Montpellier. In der That findet ſich in der daſelbſt erſcheinenden Zeitung vom Sonnabend den 16. Juli 1842, ein Aufſatz des gelehrten Geiſtlichen, welcher die fraglichen Vorſtellungen mit vieler Präciſion entwickelt.

Folgendes ſind die eigenen Worte des Abbé Peytal:

„Bisher kannte man von der Sonne nur ihren dunkeln Kern mit zwei Umhüllungen, denen die äußere die (ſichtbare) Scheibe bildet. Durch die letzte

Welche Rolle nun auch durch die weitere Discuſſion den leuchtenden Protuberanzen angewieſen werden mag, ſo drängt ſich zunächſt die Frage auf: warum iſt die Erſcheinung erſt im Jahre 1842 wahrgenommen worden, und warum geſchieht ihrer in den früheren Beſchreibungen totaler Sonnenfinſterniſſe keine Erwähnung?

Meine Antwort auf dieſe Frage wird anders ausfallen, als man vermuthlich vorausſetzen mag: ich werde zeigen, daß leuchtende Hervorragungen in größerer oder geringerer Zahl, mehr oder minder zuſammenhängend, und mehr oder weniger ausgezackte Bogen bildend, in den Jahren 1706, 1733, 1737, 1748, 1806, 1820 und 1836 vor dem Austritte der Sonne wahrgenommen worden ſind, oder wenigſtens vor dem Austritte der Photoſphäre, welche für gewöhnlich die ſichtbaren Umriſſe des Sonnenkörpers beſtimmt.*)

Ich führe zuerſt den von Flamſteed im 25. Bande der Philosophical Transactions veröffentlichten Auszug aus einem Briefe des Kapitän Stannyan an, aus Bern vom 12. Mai 1706, dem Tage einer totalen Sonnenfinſterniß datirt:

„Dem Wiederaustritte der Sonne, hinter der bedeckenden Mondſcheibe hervor, ging während eines Zeitraums von 6 bis 7 Secunden, auf dem linken Rande die Erſcheinung eines blutrothen Saumes voran.“

Wir kommen zu den detaillirten Beobachtungen während der Sonnenfinſterniß des Jahres 1733.

Im 38. Bande der Philosophical Transactions für 1733—1734, S. 134, gibt Birger Vaſſenius, Lector der Mathematik am königlichen Gymnaſium zu Gothenburg, einen Bericht über die dort von

---

Finſterniß haben wir erfahren, daß eine leuchtende Materie von lebhafter Roſenfarbe ſich über jene Hüllen erhebt und zu Bergen von ganz außerordentlicher Höhe aufſchichtet, ungefähr wie die Wolken in unſerer Atmoſphäre, die ſich am Horizonte anhäufen.“

*) Das Verdienſt, zuerſt auf frühere Beobachtungen der Protuberanzen bei Sonnenfinſterniſſen aufmerkſam gemacht zu haben, gebührt Schumacher in Nr. 463 ſeiner Aſtronomiſchen Nachrichten vom 15. Decbr. 1842.

Anmerkg. d. d. Ausg.

ihm 1733, am 2. Mai alten Stils, beobachtete totale Sonnenfinsterniß. In demselben kommt folgende Stelle vor: *)

„Während der Zeit, wo die ganze Sonnenscheibe verdeckt war, erblickte ich durch ein Fernrohr von ungefähr 21 schwedischen Fußen u. s. w. . . . Nicht allein der Bewunderung, sondern auch der Beurtheilung der hohen königlichen Gesellschaft vorzüglich werth erschienen in der Mondatmosphäre**) mehrere röthliche Flecken, drei oder vier an Zahl, welche außerhalb der Peripherie der Mondscheibe sichtbar wurden. Einer darunter war größer als die übrigen, ungefähr in der Mitte zwischen Süden und Westen, soviel sich schätzen ließ. Derselbe bestand gleichsam aus drei kleinen Theilen oder Wolken von ungleicher Länge, welche einander parallel eine gewisse Neigung gegen den Umkreis des Mondes besaßen.

„Als ich das Phänomen bewundert, ließ ich meinen Gehülfen, der außerordentlich scharfe Augen hatte, dasselbe betrachten. Da dieser jedoch eines Fernrohrs ungewohnt nicht einmal den Mondkörper finden konnte, so habe ich selbst wiederum den nämlichen Flecken, oder wenn man lieber will, die nämliche Wolke unverändert und in ihrer früheren Lage in der Atmosphäre nahe dem Mondrande, vierzig oder noch mehr Secunden lang mit Vergnügen beschauet, ohne an einen Fehler des Instrumentes oder des Auges im entferntesten zu denken.

„Endlich aber entzog der gleich einem Blitze hinter dem nördlichen Rande des Mondes hervorbrechende Sonnenstrahl, schneller als ich es erwartete, dem Auge das prächtige Schauspiel, während ich den fast in seiner Sonnennähe befindlichen Mercur bei so großer Eile vergeblich aufzufinden strebte."

Die Erzählung, welche Maclaurin von der ringförmigen Finsterniß vom 18. Februar 1717 gibt, enthält folgende Stelle: „Lord Aberdour bemerkte (bei der Beobachtung mittelst eines Spiegelteleskops) längs des Mondrandes einen schmalen, dunkelrothen Streifen, un-

*) Vergl. Schumacher a. a. O.; der franz. Text enthält hier und später den Namen Bigerus Vassenius. Anm. d. d. Ausg.

**) So bezeichnet Vassenius den weißen Lichtring der Corona, welche er für die Atmosphäre des Mondes hielt.

mittelbar vor und unmittelbar nach der Bildung des Ringes.“ Die beiden angegebenen Momente beziehen ſich offenbar auf den Augenblick, wo der Mondrand mit dem Sonnenrande faſt in Berührung war.

Wer die vorſtehenden Zeilen mit dem vergleicht, was mir der Kapitän Bérard über das Auftreten der Flammen im Jahre 1842 geſchrieben hat, wird ſich nicht wundern, daß ich Lord Aberdour in der Reihe derjenigen anführe, welche ſchon früher Zeugen dieſes merkwürdigen Vorganges geweſen ſind.

Short beobachtete die Finſterniß vom 14. Juli 1748 im Schloſſe von Aberdour, nahe bei Edinburg. Er bediente ſich eines Spiegelteleſkops von 4 engliſchen Fußen Brennweite und einer 120maligen Vergrößerung. Aus ſeiner darüber gedruckten Abhandlung laſſe ich die folgende Stelle in der Ueberſetzung folgen:

„Die Finſterniß war einer ringförmigen ſo nahe, daß im Augenblicke der größten Bedeckung nur noch ein Bogen von einem Siebentel der Mondperipherie hinderte, daß die beiden Hörner zuſammenſtießen. Zu dieſer Zeit ſahen wir, Mylord Morton und ich, deutlich einen braunen Lichtſchimmer, der den Umfang des Mondes (von Außen) begrenzte, und ſich von der Spitze jedes Hornes bis zum dritten Theile der ſie trennenden Diſtanz erſtreckte, dergeſtalt daß längs eines Drittels dieſes ganzen Abſtandes der Umkreis des Mondes keinen leuchtenden Saum hatte. Dieſer Umſtand hielt uns einige Zeit in Ungewißheit, ob wir eine ringförmige Finſterniß in Aberdour haben würden, oder nicht. Am Ende desjenigen unter den beiden leuchtenden Bogen, der vom weſtlichen Horne ausging, beobachtete ich eine größere Lichtmenge, als anderwärts, was mich anfänglich überraſchte.“

Short erklärt, daß er bei ſpäterer Ueberlegung darauf gekommen ſei, dieſe größere Lichtmenge von einem Thaleinſchnitte auf dem Monde herzuleiten.

Sieht man von dieſer zur Erklärung der größeren Lichtmenge, von welcher Short ſpricht, nachträglich aufgeſtellten Hypotheſe ab, wodurch der geſchickte und gelehrte Künſtler ein Gefühl lebhafter Ueberraſchung beſeitigen wollte, ſo wird es Niemandem ſchwer fallen, das 1748 beobachtete Phänomen mit den Lichterſcheinungen des Jahres 1842 zuſammenzuſtellen, die den Gegenſtand dieſer langen Discuſſion bilden.

Zu bemerken iſt, daß Short, der durch ein gefärbtes Glas beobachtete, von der roſenrothen Färbung nicht ſprechen konnte, welche ſein ſtarkes Licht und der Saum, aus dem daſſelbe hervorging, haben mochte.

Um darzuthun, daß die leuchtenden Protuberanzen während der totalen Finſterniß von 1806 in Amerika vorhanden waren, wird, denke ich, die Anführung der folgenden Stelle aus einem Aufſatze des vorzüglichen Aſtronomen Don Joaquin Ferrer genügen:

„Kurz vor Ende der totalen Verfinſterung kam (am Mondrande) eine Schicht zum Vorſchein, die das Ausſehen von der Sonne beſchienener Wolken hatte.“

Jeder Commentar zu dieſen Worten dürfte überflüſſig ſein.

Die chronologiſche Folge führt mich auf ein Citat von mindeſtens gleichem Intereſſe mit dem eben beſprochenen. Die Beobachtung iſt Van Swinden zu verdanken, ein Name, der gegen die Genauigkeit des Factums keinen Zweifel aufkommen läßt.

Die Sonnenfinſterniß vom 7. September 1820 war ringförmig in Amſterdam. Wenige Augenblicke vor der Bildung des Ringes, als die Scheibe des Mondes an einer gewiſſen Stelle über die Sonnenſcheibe noch etwas hervorragte, bemerkte Van Swinden einen leuchtenden Bogen, welcher ohne den Mondrand zu berühren, von einem Horne zum anderen reichte. Der zwiſchen dieſem Bogen und dem Rande liegende Raum erſchien nicht erleuchtet (illuminated). Der Bogen war ſchmal und röthlich gefärbt, und ließ ſich in Bezug auf Farbe und Ausſehen mit der Spitze der Flamme einer Argand'ſchen Lampe vergleichen, welche zur oberen Oeffnung des gläſernen Cylinders hinausleckt.

Ich beſchließe dieſe Aufzählung mit der folgenden Stelle aus einer Abhandlung von Beſſel*) über die Finſterniß vom 15. Mai 1836, welche in Königsberg beinahe ringförmig war. Beſſel's Worte lauten:

„. . . Allein etwa 25 Secunden vor der nächſten Zuſammenkunft (der Hörnerſpitzen) erſchien, nahe an dem Ende der oberen Spitze, ein Punkt, welcher zwar bei weitem nicht das helle Licht der Sonnen-

*) Siehe Aſtronom. Nachrichten, Nr. 320. Anmerk. d. d. Ausg.

ſcheibe beſaß, jedoch in dem ſtarken Fernrohre des Heliometers augenfällig genug war. Da die Hörner ſich um dieſe Zeit einander ſtark genähert hatten, ſo erwartete ich jeden Augenblick, den Ring ſich bilden zu ſehen; allein dieſes erfolgte nicht, ſondern der erwähnte Punkt wurde nur lichtſtärker, und außer ihm erſchienen noch andere ähnliche Punkte, welche ſich bald darauf vereinigten und auf dieſe Art den ganzen, zwiſchen den Hörnerſpitzen liegenden Theil des Mondrandes ſichtbar machten."

Der berühmte königsberger Aſtronom ſpricht von keiner Färbung: vielleicht brauchte er zu ſeiner Beobachtung ein dunkles Glas, das Alles roth färbte. —

Es iſt uns nunmehr wohl hinlänglich gelungen, eine anſcheinende Schwierigkeit vollſtändig zu beſeitigen, ſo daß wir ausſprechen dürfen: die leuchtenden Hervorragungen bilden keineswegs einen ſpeciellen oder ausſchließlichen Umſtand der totalen Sonnenfinſterniß des Jahres 1842, ſondern bereits früher ſind ähnliche Phänomene wahrgenommen worden.

Wir wenden uns nunmehr zur ſpeciellen Prüfung der verſchiedenen Hypotheſen, welche bei dem jetzigen Zuſtande unſerer Kenntniſſe für die Erklärung der hauptſächlichſten Umſtände der fraglichen Flammenerſcheinungen zunächſt überhaupt zuläſſig erſcheinen können.

Sind die leuchtenden Hervorragungen Berge auf der Mondſcheibe?

Die Beantwortung dieſer Frage hat denjenigen Beobachtern in der That zu leicht geſchienen, welche ſie mit der einfachen Bemerkung abgethan glaubten, daß ja die zur Zeit der Finſterniß nach der Erde gekehrten Seiten der Mondberge dunkel erſcheinen müßten, weil ihre entgegengeſetzten Seiten allein von der Sonne Licht empfangen könnten.

Statt die Seiten der auf dem Rande des Mondes liegenden Berge ſenkrecht gegen die von der Sonne kommenden Strahlen vorauszuſetzen, können wir ihnen mit gleichem Rechte eine ſehr ſchiefe Stellung geben und annehmen, daß z. B. zwei Berge ſich mit den Seiten AB und CD in der Weiſe gegenüberſtehen, wie die beifolgende Figur zeigt, wo S die Sonne und O das Auge des Beobachters bedeutet.

Die von der Sonne in S ausgehenden Strahlen ſenden directes Licht auf die Seite AB, von welcher aus wiederum Lichtſtrahlen nach

der von der Erde aus ſichtbaren Seite CD geworfen werden. Dieſer Hypotheſe zufolge würden alſo Berge am Mondrande, mathematiſch geſprochen, vermittelſt zweifacher Reflexion an der Seite erleuchtet, welche wir im Augenblicke einer totalen Finſterniß wahrnehmen. Es

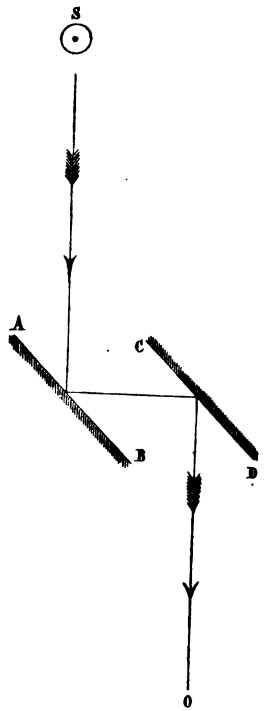


Fig. 4. — Sichtbarkeit der Mondberge durch doppelte Reflexion.

fragt ſich nur, ob ſolche Bergſeiten CD auf dem beſchriebenen Wege jemals der Intenſität der rothen Flammen von 1842 theilhaftig werden können. Dieſe Frage freilich kann ich nicht anſtehen mit Nein zu beantworten. Doch war es, glaube ich, nöthig zu zeigen, daß die geſtellte Aufgabe richtig aufgefaßt auf eine quantitative Frage, und zwar von photometriſchem Charakter, führt.

Die geringſte Winkeldimenſion, welche die in der Centralregion des Schattens befindlichen Aſtronomen den Flammen beigelegt haben,

iſt eine Minute. Am Tage der totalen Sonnenfinſterniß von 1842 entſprach der Monddurchmeſſer einem Geſichtswinkel von 32′ 41″, und da die wirkliche Länge deſſelben 454 geogr. Meilen beträgt, ſo kommen ungefähr 13,9 Meilen, oder 106000 Meter auf eine Minute; directen Meſſungen zufolge gibt es aber auf unſerem Satelliten keinen Berg, deſſen Höhe 7700 Meter überſtiege. *) Wollte man alſo die Flammen als Mondberge anſehen, ſo hieße das die ſicherſten Reſultate der Wiſſenſchaft ignoriren.

Die geſehenen Flammen waren alſo keine Berge, machten aber in gewiſſer Hinſicht den Eindruck ſolcher. Es bleibt zu unterſuchen, ob dieſer Anſchein nicht die Wirkung beſonderer Ablenkungen ſein konnte, welchen die Sonnenſtrahlen in den zahlreichen und mannichfaltigen Unebenheiten oder Höhlungen ausgeſetzt ſind, die der Umfang des Mondes ſtets dem auf der Erde befindlichen Beobachter darbietet.

Ich ſehe mich genöthigt, hier eine Bemerkung einzuſchalten, damit man mir nicht mit Recht den Einwand mache, daß vor der Unterſuchung, ob die Flammen als optiſche Erſcheinungen angeſehen werden können, zunächſt die Prüfung hätte vorausgehen ſollen, ob dieſelben im Jahre 1842 überall in gleicher Geſtalt und Lage geſehen worden ſind: ob ſich alſo z. B. behaupten läßt, daß die in Perpignan beobachteten Flammen genau identiſch mit den in Mailand, in Wien u. ſ. w. wahrgenommenen waren. Ich erkläre, daß dieſer Punkt von mir keineswegs außer Acht gelaſſen worden iſt, doch habe ich die betreffende Unterſuchung, wenigſtens für den Augenblick, aufgegeben, weil ich die Unmöglichkeit einſah, alle Beobachtungen in ſolche Uebereinſtimmung zu bringen, daß ſich ein genauer und ſicherer Schluß daraus hätte ableiten laſſen.

Nehmen wir einen Augenblick an, daß die Flammen integrirende Theile der Sonne und mit der Peripherie dieſes Himmelskörpers in gewiſſer Weiſe feſt verbunden waren. Es konnte alsdann wohl der Fall ſein, daß durch den Einfluß der Mondparallaxe eine in Perpignan ſichtbare Flamme von einem in Marſeille, in Piſan u. ſ. w. befindlichen Beobachter nicht wahrgenommen wurde; allein es iſt nicht min-

*) Siehe den dritten Band der populären Aſtronomie, Buch 21, Kap. 20, S. 327.

der gewiß, daß wenn irgend zwei ſolche Flammen gleichzeitig an zwei verſchiedenen Stationen, wie z. B. in Montpellier und in Turin geſehen wurden, ihre relative Lage, ſo wie ihre Geſtalt an beiden Orten nothwendig identiſch erſcheinen mußten. Die Beobachtungsberichte entſprechen aber nicht allenthalben dieſem Principe, was, wie ich hinzuzufügen mich beeile, nicht zu ſehr auffallen darf, da nicht allein die Kürze der Zeit, welche den Aſtronomen zur Meſſung der Protuberanzen und der Beſtimmung ihrer Lage zur Verfügung ſtand, ſondern vor Allem auch die Ueberraſchung, die im Jahre 1842 ein Jeder im Momente einer ſo unerwarteten Erſcheinung erfuhr, der Genauigkeit der Beobachtungen Eintrag thun mußte.

Das Licht kann von ſeiner geradlinigen Bahn auf drei verſchiedene Arten, nämlich durch Zurückwerfung, durch Brechung und durch Beugung abgelenkt werden. Daß rothe Hervorragungen von hinlänglicher Intenſität und Größe nicht auf dem Wege der Reflexion erzeugt werden können, davon haben wir uns bereits überzeugt; die Refraction ſcheint gleichfalls von der Erklärung auszuſchließen zu ſein, und zwar wegen der ausnehmend dünnen Mondatmoſphäre. Indeſſen muß bemerkt werden, daß wenn die ungemein geringe Dichtigkeit der letzteren auf Beobachtungen beruht, welche für die über den Gipfeln der Mondberge liegenden Regionen volle Beweiskraft haben, damit noch nicht bewieſen iſt, daß in den Tiefen der Thäler nicht etwa eine Atmoſphäre von nicht bedeutender Höhe, alſo begrenzte Schichten vorhanden ſein können, welche die Lichtſtrahlen in merklicher Weiſe zu brechen fähig ſind. Von dieſem Geſichtspunkte aus verdient die Frage jedenfalls eine eingehende Prüfung; dennoch wage ich unbedenklich ein negatives Reſultat vorauszuſagen.

Was endlich die Diffraction betrifft, oder mit anderen Worten die eigenthümliche, von Grimaldi entdeckte Eigenſchaft der Lichtſtrahlen, vermöge deren ſie in dem Augenblicke, wo ſie an der Oberfläche oder den Kanten eines Körpers vorbeiſtreifen, eine kräftige Ablenkung von Außen nach Innen und von Innen nach Außen zu erfahren ſcheinen: ſo iſt man ziemlich allgemein geneigt, dieſer Eigenſchaft eine gewiſſe Rolle bei den allgemeinen Phänomenen der Finſterniſſe zuzuſchreiben. Ob es jedoch jemals gelingt, die leuchtenden Protuberanzen von 1842

an die Diffraction des Lichtes zu knüpfen, ſcheint mindeſtens zweifelhaft, obwohl die Frage mit alleiniger Hülfe der Erfahrungen, über welche die Wiſſenſchaft heute verfügt, allerdings noch nicht definitiv zu entſcheiden iſt. Bis jetzt hat man ſich nämlich darauf beſchränkt, den Weg der Lichtſtrahlen an Schirmen von ſehr einfacher Geſtalt, deren Kanten gerade Linien bildeten, zu ſtudiren, während es nunmehr von Intereſſe wird, die durch volle und hohle dreieckige, oder durch krummlinige Schirme mit mehr oder weniger Unebenheiten erzeugten Phänomene zu unterſuchen. Endlich wird der Einfluß der ungeheuern Diſtanzen, welche im Momente einer Finſterniß den leuchtenden Körper (die Sonne) von dem undurchſichtigen Schirme (dem Monde), und letzteren von dem auf der Erdoberfläche befindlichen Beobachter trennen, in Betracht zu ziehen ſein. So umfängliche Arbeiten ſind allerdings erforderlich, bevor ſich eventuell mit Beſtimmtheit behaupten läßt, daß die Beugung der Lichtſtrahlen bei dem Phänomene der roſenrothen Flammen keine Rolle ſpielt.

Wir kommen zu den Hypotheſen, denen zufolge jede Protuberanz als ein integrirender Theil der Sonne anzuſehen wäre.

In allen Dingen ſind die Zahlen die ſicherſten Grundlagen für die Discuſſion: verſuchen wir alſo zunächſt, die Höhen der fraglichen Hervorragungen in Zahlen auszudrücken.

Von allen Angaben, die man darüber hat, ſcheint mir die ſicherſte die von Petit herrührende zu ſein. Die Mehrzahl der übrigen beſteht aus einfachen Schätzungen, welche alle die Unſicherheiten mit ſich führen, die aus dem Gebrauche nicht genau bekannter oder bei den aſtronomiſchen Beobachtungen ſelten angewandter Vergrößerungen fließen müſſen.

Hrn. Petit zufolge entſprach die hauptſächlichſte Protuberanz einem Geſichtswinkel von 1 Min. 45 Sec. Die Aſtronomie lehrt, daß der Aequatorealdurchmeſſer der Erde, auf die Oberfläche der Sonne verſetzt, ungefähr 17″2 groß erſcheinen würde. Betrachtet man einen Augenblick die Hervorragungen als Berge auf der Sonne, ſo würde, da der Erddurchmeſſer 1718,8 geogr. Meilen beträgt, nach der Meſſung des touloufer Aſtronomen der beträchtlichſte unter dieſen Bergen eine Höhe von 10500 Meilen beſitzen müſſen.

Meine eigene Schätzung, von allen die kleinste, würde noch immer 6000 Meilen geben.

Wollte man sich endlich an die Bestimmung Littrow's halten, deren Richtigkeit ihr Urheber den von Schumacher, der gleichfalls in Wien beobachtete, erhobenen Zweifeln gegenüber vertheidigte, so würde man für den höchsten, am 8. Juli 1842 sichtbaren Sonnenberg eine Höhe von 30000 geogr. Meilen finden.

Ich überlasse es dem Leser, ob er sich mit der Existenz von Sonnenbergen von so ungeheurer Höhe befreunden will; Berge, wo außerdem so große Massen überhängend erscheinen, daß nach Allem, was wir über die Eigenschaften der schweren Körper wissen, sie sich nicht vor dem Einstürzen erhalten könnten.

Uebrigens gestatten die bei den Finsternissen von 1850 und 1851 gemachten Beobachtungen nicht mehr anzunehmen, daß die leuchtenden Hervorragungen Berge auf der Sonne, und um so weniger auf dem Monde sein können. In der That muß jeder Berg eine Unterlage haben, während man 1850 auf der Nordseite der Sonne zwei von der Peripherie der beiden Gestirne durch einen leeren Zwischenraum getrennte leuchtende und gefärbte Streifen gesehen hat; im Jahre 1851 kam sogar eine isolirte ungeheure Lichtwolke oder Anhäufung zum Vorschein, welche mit der benachbarten hakenförmig gekrümmten Protuberanz in keinem sichtbaren Zusammenhange stand.

Wir werden hier abermals ein paar numerische Betrachtungen einschalten, um auf diesem Wege aus der Vergleichung der über die veränderliche Höhe der leuchtenden Protuberanzen bei der Finsterniß von 1842 an verschiedenen Orten gemachten Beobachtungen eine wichtige Folgerung abzuleiten.

Wir denken uns die relativen Stellungen der Sonnen- und Mondscheibe graphisch dargestellt (Fig. 5) für den Zeitpunkt des Anfangs der totalen Verfinsterung an den Punkten auf der Erdoberfläche, wo die Finsterniß eine centrale war. Der volle Kreis sei die Sonne, mit dem Mittelpunkte in S, die punktirte Peripherie stelle den Mond, L sein Centrum vor.

Wie Jedermann bekannt, geht die eigene Bewegung des Mondes hauptsächlich in der Richtung von Westen nach Osten vor sich. In

dem Augenblicke, wo der östliche Rand des Mondes vermöge dieser Bewegung am 8. Juli 1842 den Ostrand der Sonne erreichte, wurde

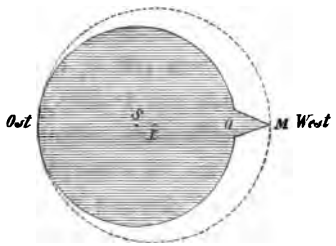


Fig. 5. — Relative Stellung von Sonne und Mond im Augenblicke der totalen Verfinsterung.

die Finsterniß total, und es überragte in demselben Momente der Westrand des Mondes den gleichnamigen der Sonne nach Westen um eine Größe OM, deren Betrag, in Minuten und Secunden ausgedrückt, genau den Unterschied der scheinbaren Durchmesser beider Himmelskörper darstellte. Diese Differenz betrug am 8. Juli 1842 im Augenblick der totalen Finsterniß zu Perpignan — welches ich auf der Linie der centralen Finsterniß liegend annehmen will — 1′ 16″ 6, und in Montpellier 1′ 17″. Damit ein Berg M auf der Sonne in demselben Augenblicke den westlichen Mondrand erreichen und seine oberste Spitze sichtbar werden konnte, mußte also nothwendigerweise, von Perpignan aus gesehen, der Gesichtswinkel seiner Höhe OM 1′ 16″ 6 betragen, während für Montpellier derselbe Werth auf 1′ 17″ stieg.

Nicht weniger leuchtet ein, daß zwischen dem Anfange und dem Ende der totalen Verfinsterung die Höhe des Berges OM nicht um mehr variiren konnte, als um den angegebenen Winkelwerth von OM, d. h. um eine Größe gleich dem Ueberschusse des Durchmessers des verfinsternden Gestirnes über den Diameter des verfinsterten. Die Anwendung dieses Princips besteht in Folgendem:

In Perpignan wie in Montpellier sahen die Beobachter die leuchtenden Punkte M aus dem Mondrande hervorkommen: dieselben hatten zu dieser Zeit also noch keine meßbare Höhe. Einige Zeit (zwei Minuten) später, in dem Momente, wo die beiden Himmelskörper in O

zur Berührung kommen ſollten, ſchätzte mein College Mauvais, daß die Protuberanz OM von einer unmerklichen Höhe allmälich bis zur Höhe von 2 Bogenminuten gekommen war; Hr. Petit fand dieſe Zunahme nur gleich 1′ 45″. Weder die eine noch die andere Zahl ſteht mit dem wahren Werthe von OM in Einklang, der, wie wir wiſſen, 1′ 16″6 für Perpignan und 1′ 17″ für Montpellier betrug.

Wollte man daher als vollkommen conſtatirt annehmen, daß in einem gewiſſen Momente eben nur der Gipfel M ſichtbar war, und daß ſpäter OM eine Höhe von 1′ 45″ oder von 2′ erreichte, ſo würde damit jede Erklärung des Phänomens der Protuberanzen definitiv beſeitigt ſein, welche von der Hypotheſe ausginge, daß OM ein Sonnenberg, oder auch nur eine Wolke in permanentem Zuſtande ſei. Man würde ſich auf dieſe Weiſe in die Alternative verſetzt ſehen:

Entweder anzunehmen, daß die leuchtenden Protuberanzen des 8. Juli 1842 in dieſer Beziehung den Lichterſcheinungen der Regenbogen, der Höfe, der Nebenſonnen u. ſ. w. vergleichbar, keine materiellen Gegenſtände geweſen ſeien; oder vorauszuſetzen, daß über der Photoſphäre der Sonne, jenſeit der glühenden Oberfläche, mit welcher wir für gewöhnlich den ſichtbaren Umfang des Geſtirnes abſchneiden ſehen, eine Materie exiſtire, die entweder für ſich leuchtend oder nur das Licht reflectirend die Fähigkeit beſitzt, binnen zwei Minuten beträchtlich ihre Ausdehnung zu ändern, und in ſenkrechter Richtung von der Sonnenperipherie ſich in 2 Minuten um mehrere Tauſend Meilen zu verlängern!

Wenn wir die Erklärung näher ins Auge faſſen, nach welcher die Protuberanzen mit Wolken zu vergleichen ſind, ſo hindert uns kein phyſikaliſches Princip an der Annahme, daß wolkenähnliche Maſſen von 10000 bis 15000 Meilen Länge in der Atmoſphäre der Sonne ſchweben; daß dieſe Maſſen, wie gewiſſe Wolken in der Erdatmoſphäre, ſcharf gezeichnete Umriſſe beſitzen; daß ſie hier und da ſehr complicirte Formen und ſelbſt Ueberhänge zeigen, oder den Anblick von Maſſen ohne jeden Stützpunkt darbieten; endlich daß ſie vom Sonnenlichte roth gefärbt erſcheinen. Ich darf bei dieſer Gelegenheit vielleicht an die Beobachtungen des Kapitän Peytier erinnern, welche wenigſtens in ſoweit zur Vergleichung dienen können, als ſie zeigen, wie die Wolken an der

einen oder der anderen Stelle ſehr raſch ihre Dicke verändern; ich darf anführen, wie während ſeines Aufenthalts auf den höchſten Punkten der Pyrenäenkette der genannte Officier oft von einer horizontalen Schicht unter ſeinem Standpunkte gelegener Wolken ſich plötzlich dünne Dunſtſäulen ablöſen ſah, welche wie Raketen ſenkrecht und mit ungemeiner Geſchwindigkeit in die Höhe ſtiegen. Nur würde man, bei weiterer Verfolgung der zu prüfenden Hypotheſe, im Jahre 1842 vielleicht das Recht gehabt haben ſich zu verwundern, daß keine ſolche über der Sonne ſchwebende Wolke vollſtändig außerhalb des Mondrandes wahrgenommen worden ſei. Eine derartige Beobachtung muß die Frage ohne Zweifel definitiv erledigen, denn es wird dadurch unmöglich, zur Erklärung der wahrgenommenen Erſcheinungen an Berge zu denken, und die Bezeichnung einer Wolke würde die einzige bleiben, welche einer roth beleuchteten, freiſchwebenden, iſolirten Maſſe ertheilt werden kann, die ſich nach keiner Seite hin weder auf den Mond, noch auf die ſtrahlende Materie ſtützt, durch welche der unter gewöhnlichen Umſtänden ſichtbare Umkreis der Sonnenſcheibe beſtimmt wird.

In der That aber hat man eine ſolche entſcheidende Beobachtung: ſie war ſelbſt vor der Finſterniß des Jahres 1851 vorhanden. Man leſe nur mit Aufmerkſamkeit die oben (S. 224) bereits angeführte Beſchreibung des ſchwediſchen Aſtronomen Birger Vaſſenius, deſſen Worte ſind:

„. . . ſo habe ich ſelbſt wiederum den nämlichen Flecken, oder wenn man lieber will, die nämliche Wolke, unverändert und in ihrer früheren Lage in der Atmoſphäre nahe dem Mondrande, vierzig oder noch mehr Secunden lang mit Vergnügen beſchaut.“

Der in der Originalabhandlung gebrauchte Ausdruck „prope ad peripheriam Lunae“ ſcheint jeden Gedanken an eine ſcheinbare Berührung zwiſchen dem röthlichen Flecken und dem Mondrande auszuſchließen. Nichtsdeſtoweniger habe ich zu ermitteln verſucht, wie die Worte zur Zeit des Vaſſenius verſtanden worden ſind, und in einer Schrift des berühmten ſchwediſchen Akademikers Celſius, welcher mit dem Beobachter in Gothenburg vermuthlich in perſönlicher Beziehung ſtand und eine eigene Geſchichte der Finſterniß von 1733 zuſammen-

geſtellt hat,*) den Paſſus gefunden: „Waſſenius ſah im Lichtringe oder der Corona ſelbſt, drei oder vier kleine glänzende Flecken von verſchiedener Geſtalt und Größe, ſehr nahe an der Peripherie des Mondes, aber nicht in Berührung mit derſelben.“

Nach dieſer Stelle ſcheint es wirklich ſchwer, das Hauptfactum in Zweifel zu ziehen, daß die Flecken von 1733 weder den Mond- noch den Sonnenrand berührten; es konnten folglich keine Berge ſein. Ich füge hinzu, daß der Beobachter geübt war, ſich eines ſtarken Fernrohrs bediente und die Wichtigkeit ſeiner Bemerkung wohl zu würdigen ſchien.

Dies war das Ergebniß der Discuſſion, als noch eine Beobachtung zu meiner Kenntniß kam, welche, obſchon vielleicht ſehr oberflächlich angeſtellt, nichtsdeſtoweniger eine gewiſſe Unſicherheit (quelque louche) über die Behauptung des Waſſenius verbreitet. Celſius erfuhr nämlich von einem Hrn. Brag, daß der Pfarrer von Marſtroom mit Hülfe eines vortrefflichen engliſchen Fernrohres die Flecken in Berührung mit dem Mondrande geſehen haben wollte.**)

Es war alſo nöthig, zur definitiven Entſcheidung neue Beobachtungen abzuwarten, und ſolche hat die Finſterniß von 1851 geliefert.

Die Beobachtungen, von denen die Rede geweſen, ſind nicht blos um der Merkwürdigkeit ihrer Erſcheinung willen intereſſant; es iſt möglich, daß ſie zu ſehr nützlichen Folgerungen führen.

Nach dem gegenwärtigen Stande der aſtronomiſchen Kenntniſſe beſteht die Sonne: erſtens aus einem ziemlich dunkeln Centralkörper; zweitens aus einer ungeheuern Wolkenſchicht oder Hülle, welche in einem gewiſſen Abſtande vom Kerne ſchwebt und denſelben von allen

---

*) Vergl. Schumacher in der ſchon citirten Nr. 463 der aſtron. Nachrichten, S. 107 ff. Anm. d. d. Ausg.

**) Die Schrift von Celſius enthält im Originale die auf die Beſchreibung der Beobachtung von Waſſenius unmittelbar folgenden Worte: „Has etiam maculas Marstrandii per Anglicanum optimae notae telescopium juxta lunae limbum perceptas esse refert a pastore loci Dn. Brag,“ d. h. überſetzt: (Waſſenius) erzählt, daß dieſe Flecken auch in Marſtroom vom dortigen Paſtor Brag durch ein treffliches engliſches Fernrohr neben dem Mondrande geſehen worden ſind. — Vergl. Rob. Grant, history of physical Astronomy, p. 390 ff. Anm. d. d. Ausg.

Seiten umgibt; drittens aus einer Photoſphäre, mit anderen Worten einer leuchtenden Sphäre oder Lichthülle, welche die Wolkenhülle ebenſo umſchließt, wie dieſe ihrerſeits den dunkeln Kern umhüllt; viertens endlich haben uns die bei den Finſterniſſen von 1842, 1850 und 1851 wahrgenommenen Erſcheinungen, wie ich in einem vorhergehenden Aufſatze gezeigt habe,*) auf die Spur einer dritten Atmoſphäre oder Umhüllung der Sonne geführt, welche über der Photoſphäre liegt und dunkle oder ſchwach leuchtende Wolken enthält.

Die erſte Wolkenhülle, ſowie die Photoſphäre darüber, erfahren zuweilen zahlreiche Zerreißungen, die einander entſprechen und den dunkeln Centralkörper frei zu ſehen geſtatten: die Sonnenſcheibe erſcheint alsdann mit ſchwarzen Flecken überzogen. Mit Aufmerkſamkeit betrachtet hat die Photoſphäre ein punktirtes Ausſehen und zeigt keinen gleichförmigen Glanz; oft werden die Gegenden in der Nähe des Sonnenäquators von Lichtſtreifen von außerordentlicher Intenſität, den ſogenannten Sonnenfackeln durchfurcht.

Man hat bis jetzt nicht gefunden, daß die Sonnenflecken oder die Sonnenfackeln im Verhältniß zu ihrer Zahl oder zu ihrer Größe einen namhaften Einfluß auf die Temperatur unſerer Erde ausüben. Läßt ſich daſſelbe von den Wolken der dritten Umhüllung behaupten, dieſen vielleicht unvollkommen durchſichtigen Wolken, welche zwiſchen uns und die Photoſphäre treten, dadurch möglicherweiſe einen merklichen Theil der von der Sonne ausgehenden Licht- und Wärmeſtrahlen aufhalten, und in jedem Falle das Anzeichen eines beſonderen Zuſtandes der Photoſphäre ſein können, d. h. der Region, welche hauptſächlich als die Quelle des Lichtes und der Wärme anzuſehen iſt? Ich glaube nicht, daß man die Möglichkeit eines ſolchen Einfluſſes in Abrede ſtellen kann: wenn dieſe dritte Umhüllung exiſtirt, ſo wird ſie uns vielleicht den Schlüſſel zu einigen von jenen großen und verhängnißvollen Anomalieen liefern, welche man im Laufe der Jahreszeiten wahrnimmt.**)

*) Ueber die phyſiſche Conſtitution der Sonne und der Fixſterne, S. 113 dieſes Bandes.

**) Welchen Platz ſoll man wohl in der reichhaltigen Kategorie der Sonnen-

Ich muß mich hier gegen einen Vorwurf vertheidigen, den man mir mit dem Einwande entgegenhalten wird, wozu es denn nützen könne, heute ſchon Fragen zu discutiren, welche vielleicht in Jahrhunderten noch keine Löſung finden werden. Wenn die Wolken der dritten Sonnenatmoſphäre nur im Augenblicke einer totalen Finſterniß zur Sichtbarkeit gelangen, ſo werden bei der Seltenheit dieſer Phänomene Tauſende von Jahren erforderlich ſein, um alle dieſe Conjecturen an der Erfahrung zu prüfen, und die Beobachtung jener Wolken wird nie ein brauchbares Mittel werden, um eine bevorſtehende Vermehrung oder Verminderung der Temperatur einige Zeit zum Voraus zu erkennen.

Der Werth dieſer Argumentation ruhet ganz auf der Vorausſetzung, daß die Wolken der äußeren Sonnenhülle, wie es in der Vergangenheit der Fall geweſen, auch in Zukunft nur während totaler oder faſt totaler Sonnenfinſterniſſe ſichtbar ſein werden. Ich glaube aber mit einiger Wahrſcheinlichkeit die Erwartung ausſprechen zu können, daß wenn man ſich mit allen geeigneten Vorſichtsmaaßregeln umgibt, die Beobachtung dieſer Wolken an gewiſſen Orten bei heiterem Himmel jeden Tag im Jahre möglich iſt.

Weshalb ſehen wir die Fixſterne und die Planeten nicht mit bloßem Auge am Tage, wie in der Nacht?

Weil am Tage die Atmoſphäre, durch welche die Strahlen der

---

flecken den Wolken der dritten Atmoſphäre einräumen? Vielleicht erzeugen dieſe Wolken die iſolirten Halbſchatten, die Halbſchatten ohne Kern. Die Flecken der letzteren Gattung ſind nicht ſehr gewöhnlich, und nie beträgt ihre geſammte Ausdehnung einen beträchtlichen aliquoten Theil der Sonnenoberfläche. Bei Annahme dieſer Hypotheſe würde alſo die regelmäßige Beobachtung der Wolken inſofern von Wichtigkeit ſein, als ſich dadurch ein beſonderer Zuſtand der Photoſphäre kund gäbe. Man wird auch zu unterſuchen haben, wie das Ausſehen der Sonnenſcheibe beſchaffen ſein müßte, wenn die Photoſphäre an verſchiedenen Stellen mit hervorragenden cylindriſchen, kegel- oder pyramidenförmigen Partieen von beträchtlicher Höhe (z. B. gleich dem ſechszehnten Theile des Sonnendiameters) verſehen wäre, und wenn dieſe Partieen aus derſelben Materie, wie die Photoſphäre, beſtänden. Sehr plauſible Annahmen möchten bei einer derartigen Conſtitution der Sonne auf die Erklärung des Urſprungs gewiſſer Sonnenfackeln führen. Man würde zu einem ähnlichen Reſultate gelangen, wenn man die Wolken ſelbſtleuchtend und durchſichtig vorausſetzen wollte.

Sterne und der Planeten zu uns gelangen, erleuchtet ist, und weil das durch die Theilchen der Atmosphäre in der Richtung des Beobachters reflectirte Sonnenlicht die schwächeren Lichtstrahlen, welche sich mit demselben vermischen, auslöscht.

Weshalb sind die Fixsterne und die Planeten desto schwerer wahrzunehmen, je näher sie am Himmel der Sonne stehen?

Weil das atmosphärische Licht in der Nähe der Sonne weit intensiver ist, als entfernt davon.

Alles was das atmosphärische Licht schwächt, wird folglich die Beobachtung der Sterne und der Planeten begünstigen.

Man begreift jetzt ohne Schwierigkeit, wie die röthlichen Protuberanzen (Berge oder Wolken), welche über den Mondumfang hervorragen, bei vollem Sonnenscheine völlig unsichtbar sind, und dagegen während der Dauer einer totalen Verfinsterung leicht wahrnehmbar werden. Im ersten Falle projiciren sich ihre Bilder im Inneren des Auges auf die lebhaft erleuchtete Netzhaut, während sie im zweiten, um sich bemerklich zu machen, blos vor dem schwachen Lichte der farbenlosen Corona sich auszuzeichnen brauchen, welche den Mondrand umgibt.

Während einer partialen Sonnenfinsterniß bleibt bald die Hälfte, bald ein Drittel, ein Viertel, ... , ein Zehntel u. s. w. der ganzen Sonnenoberfläche unbedeckt. Unter übrigens gleichen Umständen variirt der Glanz der Atmosphäre an allen ihren Punkten in demselben Verhältnisse, wenigstens so weit eine einzige Reflexion im Spiele ist; folglich muß sich die Helligkeit des atmosphärischen Lichtes auf dem schmalen den Sonnenrand rings umgebenden Gürtel, in dessen Verlängerung die röthlichen Hervorragungen liegen, gleichfalls respective auf die Hälfte, auf den dritten, den vierten . . . . den zehnten Theil der gewöhnlichen Intensität reduciren. Diese Verminderungen aber können ausreichend sein, um das, was zuerst unsichtbar war, sichtbar zu machen. Man darf demnach hoffen, daß die partialen Sonnenfinsternisse den Astronomen ein Mittel liefern werden, um zahlreiche und genaue Beobachtungen in Betreff der Sonnenwolken anzustellen.

Eine kurze Bemerkung wird genügen, um diejenigen zu widerlegen, welche ohne hinlängliche Prüfung die ausgesprochene Hoffnung für unbegründet halten möchten. Ich brauche nur daran zu erinnern,

daß Lord Aberdour, Short und Van Swinden die röthlichen Protuberanzen bei den blos ringförmigen Finſterniſſen von 1717, 1748 und 1820 wahrgenommen haben, ſowie daß im Jahre 1842 Mayette in Perpignan, ſowie Conti und Biela in Padua*) die Hervorragungen noch nach dem Austritte der Sonne, trotz der Blendung ſehen konnten, die Jeder beim plötzlichen Uebergange von Dunkelheit zum Lichte erfährt.

Gehen wir einen Schritt weiter:

Jeder Umſtand, der die Lichtintenſität desjenigen Theiles der Erdatmoſphäre, welcher den Umkreis der Sonnenſcheibe rings zu umgeben und zu berühren ſcheint, merklich zu ſchwächen geeignet iſt, wird zur Sichtbarkeit der röthlichen Protuberanzen beitragen. In Uebereinſtimmung mit den Beobachtungen der Reiſenden lehrt die Theorie, daß vom Gipfel eines hohen Berges aus, vornämlich wenn er iſolirt iſt, die Atmoſphäre außerordentlich dunkel erſcheint: man erzählt uns von dem unheimlichen Anblicke eines Himmels ſchwarz wie ein Ofen, wobei mitten am Tage die größeren Sterne zu ſehen waren. Am Morgen des 8. Juli 1842 aber war der Himmel gewiß nirgends düſterer als dieſe Beſchreibungen vorausſetzen, denn im Augenblicke der totalen Verfinſterung bemerkten die ſcharfſichtigſten Augen höchſtens fünf oder ſechs Sterne! Es iſt alſo die Hoffnung keineswegs chimäriſch, daß ein geübter Aſtronom, vom Gipfel eines ſehr hohen Berges aus, im Stande ſein ſollte, regelmäßig alle Tage die Wolken der dritten Umhüllung zu beobachten, welche ſcheinbar auf dem Umfange der Sonne oder ein wenig außerhalb liegen; ferner zu beſtimmen, was in ihrer Erſcheinung Bleibendes und Variables iſt; die Perioden ihres Verſchwindens und Wiedererſcheinens zu unterſuchen; endlich Data zu ſammeln, welche über die dunkelſten Fragen der Meteorologie vielleicht Licht zu verbreiten beſtimmt ſind.

Während der Zeit, wo die Aſtronomen im Juli 1842 mit Bequemlichkeit die Flammen beobachteten, war die Sonnenſcheibe durch den Mond ganz verdeckt; es hindert aber Nichts, im Brennpunkte eines Fernrohres einen kreisrunden Metallſchirm anzubringen, um genau dieſelbe Wirkung hervorzubringen. Eine parallaktiſche Aufſtellung,

*) Im franzöſiſchen Texte ſteht irrthümlich Bologna. Anm. d. d. Ausg.

nebſt Uhrwerk, das dem Fernrohre die tägliche Umdrehung um die Weltaxe mittheilt, würde zum vollſtändigen Apparate gehören. Die Wolkenprotuberanzen würden ſich jenſeit des Randes der Metallplatte, wie 1842 und 1851 jenſeit des Mondrandes, zeigen, und die nämliche Leichtigkeit oder Bequemlichkeit der Beobachtung, welche aus der Abweſenheit des Sonnenbildes direct entſpringen kann, würde durch die eingeſchaltete Platte in demſelben Maaße erreicht werden, als durch die Stellung unſeres Satelliten in den Jahren 1842 und 1851.

Ich müßte befürchten, meine Vorſchläge für reine Chimären gehalten zu ſehen, wenn ich nicht auf einige eigenthümliche Fehler aufmerkſam machte, die man bei den Erklärungsverſuchen für die gewöhnliche Unſichtbarkeit der leuchtenden Hervorragungen begangen hat. In einer ſehr verbreiteten Brochure zweier Profeſſoren der Phyſik finde ich z. B. die Behauptung:

„Da die Berge auf der Sonne, ihre Exiſtenz vorausgeſetzt, nur einen kleinen Bruchtheil der ganzen Maſſe dieſes Himmelskörpers bilden, ſo können ſie nur ein unvergleichlich geringeres Licht nach der Erde ſenden, als der ganze Sonnenball; folglich müſſen ſie in dem lebhaften Lichte der Sonnenſcheibe verſchwinden, vorzüglich wenn man durch Einſchaltung dunkler Gläſer den Glanz ſchwächt.“

Wenn dieſes Raiſonnement ſeine Richtigkeit hätte, ſo wäre damit allerdings das zur Ermittelung der Conſtitution der Sonne von mir vorgeſchlagene Beobachtungsſyſtem vollſtändig umgeſtoßen, denn ohne Zweifel ſteht es in Niemandes Gewalt zu bewirken, daß die Protuberanzen nicht einen kleinen Bruchtheil der ganzen Sonnenmaſſe ausmachen. Glücklicherweiſe aber kann ich, ohne eine techniſche Discuſſion zu beginnen, die Bemerkung anführen, daß die Sonnenfackeln, die Halbſchatten, ſowie die kleinſten leuchtenden und dunkeln Partieen der marmorirten Stellen vollkommen ſichtbar und ohne Schwierigkeit zu beobachten ſind, obgleich die marmorirten Stellen, die Halbſchatten und die Sonnenflecken nur einen kleinen Bruchtheil der ganzen Maſſe (dies Oberfläche) der Sonne bilden.

Ich würde mich ſträuben, ohne abſolute Nothwendigkeit den ſeltſamen Irrthum zu bezeichnen, welcher dem auf die Einſchaltung geſchwärzter Gläſer bezüglichen Paſſus in der Schrift der beiden Pro-

feſſoren zu Grunde liegt. Für jetzt begnüge ich mich, einer den evidenteſten Principien der Wiſſenſchaft widerſprechenden Behauptung eine augenſcheinliche Thatſache entgegenzuhalten:

In Wien beobachtete und ſtudirte Schumacher die rothen Protuberanzen durch das gefärbte Glas, welches ihm zur Beobachtung der Phaſen der Finſterniß gedient hatte.

An einem anderen Orte*) habe ich mich mit den eigenthümlichen Kunſtgriffen beſchäftigt, welche dem geübten Aſtronomen dienen, ſich von einer Menge falſcher Lichter zu befreien, und dadurch das Geſichtsfeld eines nach der Sonne oder blos nach den in der Nähe liegenden Gegenden gerichteten Fernrohrs beträchtlich dunkler zu machen. Ich füge hier hinzu, daß die Benutzung dieſer Hülfsmittel es möglich gemacht hat, Fixſterne und Planeten in ſehr großer Nähe der Sonne zu ſehen.

Den 19. Mai 1821 bemerkte der Kapitän Kater die Venus nahe bei ihrer oberen Conjunction, als der Planet nur 64′ 50″ vom Centrum der Sonne entfernt war, und der Abſtand vom Rande folglich kaum 50 Minuten erreichte.

Am 26. Mai 1821 ſah Wollaſton die Venus 53′ 15″ vom Mittelpunkte und 37′ von der Peripherie der Sonne. Er beobachtete durch ein Fernrohr von blos 7 engl. Zollen Länge und weniger als 1 Zoll Oeffnung.

Den 30. Mai 1805 endlich hatte Vidal in Toulouſe die Venus in einem Abſtande von 46 Minuten von der Mitte, und 30 Minuten vom Rande der Sonnenſcheibe geſehen.

Was ſoll uns Venus, wird man vielleicht ſagen, es handelt ſich ja um die rothen Hervorragungen, und nicht um den hellglänzenden Planeten! Darauf diene zur Antwort, daß, ſo viel ich gefunden, die der Sonne naheſtehenden Planeten bei totalen Finſterniſſen nicht gerade häufig oder leicht beobachtet worden ſind; ich habe z. B. nicht bemerkt, daß bei Gelegenheit der Finſterniß von 1842 viel vom Mars die Rede geweſen iſt, der zu jener Zeit von ſeiner Conjunction nicht allzuweit

*) Siehe den zweiten Band der populären Aſtronomie, 14. Buch, 11. Kapitel, S. 109—113.

entfernt war. Während derſelben Finſterniß aber haben viele Perſonen mit unbewaffnetem Auge die rothen Protuberanzen ſich deutlich auf dem hellen, perlmutterglänzenden Strahlenkranze, der den Mond umgab, abzeichnen ſehen. Dieſe einfache Thatſache dürfte, wenn ich nicht irre, vollkommen jeden Vergleich rechtfertigen, den man rückſichtlich des Glanzes zwiſchen den Planeten und den Protuberanzen aufzuſtellen für erforderlich halten könnte.

Nach Beſprechung der gelehrten Discuſſionen, welche ſich bei Gelegenheit der während der totalen Finſterniß von 1715 um den Mond beobachteten Strahlenkrone, ſo wie über gewiſſe ſchlängelnde Lichterſcheinungen auf verſchiedenen Punkten der Mondſcheibe u. ſ. w. erhoben hatten, ſagte Fontenelle:

„Wenn man ſich bei dieſer Finſterniß nur um ſolche Dinge bekümmert hätte, die rein aſtronomiſcher Natur ſind, ſo würde man, ſo zu ſagen, leichten Kaufes davongekommen ſein. Aber man hat auch phyſikaliſche Betrachtungen mit hinein gezogen, und ſich dadurch wie gewöhnlich in mancherlei Schwierigkeiten und Ungewißheiten verwickelt geſehen.“

In den Jahren 1842 und 1851 ſind die Schwierigkeiten und Ungewißheiten nicht geringer geweſen, als 1715; nur wird heute, wo ſich das Gebiet der Aſtronomie weſentlich erweitert hat, Niemand mehr ſagen, daß man ſich in phyſikaliſche Betrachtungen verwickelt, wenn man aus den Phänomenen einige Aufklärungen über die phyſiſche Conſtitution der Sonne oder des Mondes zu ſchöpfen ſucht. Der Weg, auf dem die Wiſſenſchaften ſich entwickeln, iſt jetzt zu gut bekannt, als daß ein aufgeklärter Geiſt ſich heutzutage darüber grämen ſollte, wenn er aus der eingehenden Prüfung einer Frage Schwierigkeiten entſpringen ſieht: denn richtig definirte und ſcharf charakteriſirte Schwierigkeiten ſind halbe Entdeckungen. In jedem Falle mögen die Studien, mit denen wir uns in dieſem Abſchnitte beſchäftigt haben, darthun, daß ich mich nicht leicht dazu verſtehe, die Löſung der aſtronomiſchen Probleme auf unbeſtimmte Zeit zu vertagen.

Ueber die Polarisation des Lichtes.

Erstes Kapitel.

Vorwort.

[Der Aufsatz über die Polarisation des Lichtes ist im Jahre 1824 für die Encyclopaedia britannica geschrieben; die Uebersetzung ins Englische rührt von Dr. Thomas Young her und findet sich im 18. Bande dieses großen Werkes.

Ueber die Umstände, unter welchen dieser Aufsatz verfaßt worden ist, folgt hier ein von Metz aus an Thomas Young gerichteter Brief Arago's, dessen Concept der berühmte Verfasser seinem Manuscripte beigelegt hat.

„Mein theurer College,

„Es dürfte mir sehr schwer fallen, Ihnen auszudrücken, wie leid es mir gethan hat, bei meiner Rückkehr von Calais nach Paris zu erfahren, daß Sie von dort abgereist waren; ich bin jetzt nicht weniger betroffen, weil meine Frau mir mittheilt, daß Sie sehr ungehalten über mich sind. Die Thatsache scheint sicher; es fragt sich nur, ob Grund dazu vorhanden. Ich soll Ihren letzten Brief nicht einmal einer Antwort gewürdigt haben. Dieser Ausdruck war mir, ich gestehe, gerade aus Ihrer Feder unerwartet, wenn ich erwog, daß er gegen Jemand gerichtet war, der öffentlich und rückhaltslos unter allen Umständen die aufrichtigste Bewunderung für Ihre Arbeiten und Ihren Character ausgesprochen hat. Auch schmeichelte ich mich zuerst, daß er die ungenaue Uebersetzung eines unrichtig verstandenen englischen Wor-

tes wäre; aber selbst dieser Ausweg ist mir abgeschnitten, denn der Brief, worin jenes Wort steht, ist französisch geschrieben. Es bleibt mir also nur übrig mich in mein Schicksal zu fügen, und den Beweis zu versuchen, daß ich nicht so schuldig bin als es scheint.

„Ich habe Ihnen bereits ausführlich meine Verhandlungen mit Herrn Napier in Betreff des Artikels über Polarisation erzählt, auf den ich jetzt wünschte mich niemals eingelassen zu haben. Meine Forderung ging beständig auf eine ausreichende Frist zur Arbeit, und immer beantwortete man mein Verlangen mit der Anweisung so kurzer Zeiträume, daß sie nicht einmal zur Lesung der zahlreichen Abhandlungen genügt haben würden, die über diesen Zweig der Physik erschienen sind. Ich bitte endlich dringend als eine letzte Vergünstigung mir zu gestatten, die Polarisationsphänomene in dem Artikel über Refraction (doppelte) abzuhandeln; man antwortet weder Ja noch Nein, sondern nur, daß ich mit dieser Aenderung Nichts gewinnen würde, weil die zwischen PO und RE liegenden Artikel nicht zahlreich wären.

„Ich hätte gern ganz verzichtet, wenn nicht auf der anderen Seite, wie ich offen gestehen will, meine durch Ihre schmeichelhaften Aufforderungen geweckte Eigenliebe mich getrieben hätte, den Versuch zu wagen, wie weit ich Ihren Wünschen zu entsprechen vermöchte. Ich beschäftigte mich also unverweilt mit der Zusammenstellung des Stoffes; doch war ich erst sehr wenig vorgerückt, als die Befehle des Kriegsministers mich nach Metz riefen, wo ich noch gegenwärtig von früh bis Abends mit der Prüfung der Officiere beschäftigt bin.

„Sie werden mich fragen, was ich mit alle dem sagen will. Erstens: daß ich auf Ihren Brief keine kategorische Antwort geben konnte, bevor ich nicht versucht hatte, ob ich eine hinreichende Zeit gewinnen würde, um Ihren Wünschen zu entsprechen, und daß ich durchaus nicht verdient habe, daß Sie das Wort würdigen gebrauchten; zweitens daß es nicht möglich ist, den Artikel, wenigstens wie ich ihn im Sinn habe, in der kurzen Zeit zu redigiren, die man mir zuzugestehen geneigt scheint. Um Ihnen indeß meinen guten Willen zu zeigen, will ich Ihnen ein Arrangement vorschlagen, wogegen sich, wie mir scheint, schwerlich ein Einwand erheben lassen dürfte.

Ich verpflichte mich, trotz alles Widerwillens, den mir dieſe Bedingung zu Anfang eingeflößt hatte, den Artikel in ſolcher Ausdehnung abzufaſſen, wie Sie mir bezeichnen wollen; dann werde ich das Werk nicht aufhalten; Herr Napier kann mir den verabredeten Raum reſerviren, und Satz und Druck der folgenden Artikel fortgehen laſſen. Wie können Sie verſprechen, wird man mir vielleicht ſagen, Ihren Artikel bis auf eine Zeile in den feſtgeſetzten Grenzen zu halten, beſonders mit Rückſicht darauf, daß er erſt überſetzt werden muß? Ich antworte, daß es Ihnen vollkommen frei ſtehen ſoll, was Ihnen gefällt, wegzulaſſen, und da außerdem der Artikel mit Tafeln endigen ſoll, ſo wird ſich durch die größere oder geringere Ausdehnung derſelben ſtets erreichen laſſen, den Raum ſo genau wie man will, auszufüllen. Prüfen Sie, darum bitte ich, meinen Vorſchlag, ſprechen Sie Ihr Urtheil, und würdigen Sie mich dann einer Mittheilung über Ihre und Herrn Napier's Meinung. Wenn Sie den Vorſchlag annehmen, ſo werde ich ſofort ans Werk gehen; im entgegengeſetzten Falle würde ich den Artikel Polariſation des Lichtes nicht übernehmen können. Eine vollkommen unparteiiſche Geſchichte der Polariſation zu ſchreiben, alles Unweſentliche auszuſcheiden, iſt nicht die Arbeit eines Tages, und unglücklicherweiſe würde Fresnel, auf deſſen Hülfe Sie für mich rechneten, mir keine Unterſtützung gewähren können, weil er keine fremden Sprachen verſteht."

Arago hat ſein Manuſcript 1852 wieder abſchreiben laſſen, in der Abſicht, ſeine Arbeit auf den Standpunkt der neueſten Forſchungen in dieſem Theile der Optik zu ſtellen. Sein frühzeitiger Tod hat ihm nicht geſtattet, dieſen Plan zu realiſiren.

Der Aufſatz über die Polariſation entſpricht alſo genau dem Manuſcripte von 1824. Einige darin leer gebliebene Zahlen und einige unvollendete Rechnungen ſind nach dem engliſchen Texte der Encyclopaedia britannica ausgefüllt oder ausgeführt worden.]

Zweites Kapitel.

Definition eines polarisirten Strahles.

Bis fast zu diesen letzten Jahren hatten die meisten Physiker und fast sämmtliche Mathematiker die Lichtstrahlen als aus äußerst kleinen Molecülen, welche die leuchtenden Körper nach allen Seiten mit sehr großer Geschwindigkeit ausstießen, bestehend angesehen. Die Gestalt dieser Molecüle war unbestimmt gelassen worden. Da indeß aus einer älteren Beobachtung hervorging, daß gewisse Strahlen nicht auf allen Punkten ihres Umfanges dieselben Eigenschaften besitzen, so mußte man ihre Elementartheilchen kleinen Magneten vergleichen, sie mit Polen begabt annehmen. Seitdem nannte man polarisirten Strahl jeden dergestalt modificirten Strahl, daß die polaren Eigenschaften der Molecüle darin sichtbar waren.

Wir werden diesen Aufsatz mit der Beschreibung der verschiedenen Mittel, die man zur Polarisirung der Strahlen entdeckt hat, beginnen.

Drittes Kapitel.

Ueber die Doppelbrechung als Mittel zur Polarisirung des Lichtes.

Gesetzt ein Strahl natürlichen Lichtes, d. h. eines direct von einem leuchtenden Körper kommenden Lichtes, das weder Brechung noch Zurückwerfung erlitten hat, falle auf einen Krystall von kohlensaurem Kalk, und zwar senkrecht auf eine natürliche oder künstliche Fläche. Dies Bündel wird im Allgemeinen bei seinem Eindringen in den Krystall eine Spaltung erleiden: die eine Hälfte des einfallenden Lichtes wird den gewöhnlichen Gesetzen der Brechung entsprechend ihren Weg in gerader Linie fortsetzen; die andere Hälfte wird eine sehr sonderbare Erscheinung darbieten: sie wird sich in dem Krystalle in einer gegen die Oberfläche schiefen Richtung fortpflanzen, obwohl sie aus einem Strahle stammt, der auf derselben senkrecht war. Die erste Hälfte heißt der regelmäßige oder gewöhnliche oder ordentliche Strahl, während die zweite Hälfte den unregelmäßigen oder

ungewöhnlichen oder außerordentlichen Strahl bildet. Die Ebene, welche durch diese beiden Strahlen geht, steht offenbar senkrecht auf der Krystallfläche; sie spielt in den Polarisationserscheinungen eine große Rolle; man bezeichnet sie mit dem Namen des Hauptschnittes.

Aus dieser Definition sieht man, daß jedem Lichtstrahle, jedem Einfallspunkte auf einem gegebenen Krystalle ein Hauptschnitt entspricht; es ist nur wichtig zu bemerken, daß alle diese Hauptschnitte unter einander parallel sind. In einem Rhomboeder isländischen Doppelspaths schneidet der Hauptschnitt seine natürlichen Flächen in einer Linie, die mit der durch die stumpfen Winkel des Rhombus gelegten und diese Figur halbirenden Diagonale parallel geht.

Sowohl die regelmäßigen als auch die unregelmäßigen Strahlen erlangen in dem Krystalle neue Eigenschaften, welche das directe Licht nicht besitzt. Zum Nachweise des Gesagten wird die Beschreibung der Vorgänge genügen, welche jeder dieser Strahlen zeigt, wenn er auf einen zweiten doppeltbrechenden Krystall trifft. Wir wollen uns zuerst mit dem regelmäßigen Strahle beschäftigen, d. h. mit demjenigen, der geradlinig ohne gebrochen zu werden, in den Krystall eindringt.

Wenn der Hauptschnitt des zweiten Krystalles parallel mit dem Hauptschnitte des ersten Krystalles liegt, den zuvor der regelmäßige Strahl durchlaufen hat, so erleidet dieser Strahl darin keine Doppelbrechung; er verfolgt ganz und gar, ohne sich zu theilen, den regelmäßigen Weg. Wenn die Hauptschnitte der beiden Krystalle auf einander senkrecht stehen, so verwandelt sich der Strahl, welcher im ersten Krystalle der regelmäßige war, im zweiten in den unregelmäßigen, d. h. er wird darin, trotzdem er senkrecht auf seine Flächen einfällt, gebrochen. Wenn endlich die beiden Hauptschnitte weder senkrecht noch parallel zu einander sind, so erleidet jener Strahl in dem zweiten Krystalle stets die Doppelbrechung; doch besitzen die beiden Strahlen, die dadurch entstehen, ungleiche Intensitäten, mit Ausnahme des einzigen Falles, wo die Hauptschnitte einen Winkel von 45° unter sich bilden.

Der unregelmäßige Strahl zeigt analoge Erscheinungen: er bleibt unregelmäßiger Strahl in jedem Krystalle, dessen Hauptschnitt mit

dem Hauptschnitte des Krystalles, aus dem er herkommt, parallel liegt; er wird regelmäßiger Strahl, wenn diese beiden Hauptschnitte auf einander senkrecht sind; er theilt sich in zwei gleich helle Bündel, wenn dieselben einen Winkel von 45° mit einander bilden, und gibt bei jeder anderen Lage stets zwei Bündel, aber von ungleichen Intensitäten.

Die experimentelle Bestätigung der vorstehenden Resultate ist sehr leicht. Man spannt horizontal auf einem Tische ein Blatt schwarzes Papier auf, zieht darauf nach zwei auf einander rechtwinkligen Richtungen zwei sehr feine gerade Linien, und macht an ihrem Durchschnittspunkte einen weißen Flecken von einer gewissen Ausdehnung. Auf das Papier legt man ein Kalkspathrhomboeder; stellt man dann das Auge vertical über den Flecken, so bemerkt man zwei Bilder, die auf einer mit der kurzen Diagonale der oberen Rhomboederfläche parallelen geraden Linie liegen. Das eine dieser Bilder erscheint an dem Orte, wo der weiße Punkt sich befindet, wie man leicht durch die beiden geraden rechtwinkligen Linien, die dort zusammentreffen und deren Verlängerungen über den Krystall hinausgehen, erkennt; die Strahlen, die es bilden, haben keine Brechung erlitten; es ist also das regelmäßige Bild. Die andern Strahlen sind gebrochen, weil sie verlängert nicht durch den weißen Punkt gehen, und bestimmen also den unregelmäßigen Strahl.

Legt man auf diesen ersten Krystall einen zweiten dergestalt, daß die kurzen Diagonalen der im Contact befindlichen Flächen einander parallel sind, so erblickt man ebenfalls nur zwei Bilder des weißen Punktes; sie sind aber weiter von einander entfernt. Das eine erscheint in der Richtung selbst, wo der Punkt sich befindet; woraus hervorgeht, daß die Strahlen, welche es bilden, ebensowenig in dem zweiten Krystall als in dem ersten gebrochen werden, oder daß sie stets regelmäßige Strahlen bleiben. Daß das zweite Bild weiter von dem wahren Orte des Punktes sich entfernt, wenn man es durch die beiden auf einander liegenden Krystalle betrachtet, ist ein Beweis, daß die Strahlen, welche bereits in dem untern Rhomboeder die unregelmäßige Brechung erfahren haben, eben diese Art von Brechung auch bei ihrem Durchgange durch den zweiten Krystall erleiden.

Dreht man das obere Rhomboeder langsam um die Verticale, so

daß sein Hauptschnitt sich von dem des andern Krystalles entfernt, so beginnt jedes der vorhergehenden Bilder sich in zwei andere zu theilen. Die beiden neuen Bilder sind anfangs sehr schwach; ihre Intensität steigt aber in dem Maaße, als der Winkel der beiden Hauptschnitte wächst, allmälich auf Kosten der ursprünglichen Bilder; hat endlich dieser Winkel 90° erreicht, so sind die beiden ursprünglichen Bilder gänzlich verschwunden und nur noch die neuen Bilder übrig geblieben. Das eine derselben erscheint von dem materiellen weißen Punkte in der Richtung der kurzen Diagonale des obern Rhomboeders um eine sehr nahe dem Werthe der Doppelbrechung dieses Rhomboeders gleiche Größe entfernt, d. h. gerade so weit entfernt, als wenn der andere Krystall gar nicht existirte. Dies Bild ist also offenbar durch Strahlen gebildet, die in dem untern Krystalle die regelmäßige und in dem obern die unregelmäßige Brechung erlitten haben. Ebenso leicht findet man, daß dagegen das andere Bild aus Strahlen stammt, die in dem untern Rhomboeder zuerst unregelmäßig, und in dem obern dann regelmäßig gebrochen worden sind. Da es schwierig ist, sich sehr durchsichtige dicke Kalkspathrhomboeder zu verschaffen, so kann man dieselben Versuche mittelst zweier aus doppeltbrechenden Krystallen geschnittener Prismen, die man durch Combination mit passenden in entgegengesetztem Sinne gestellten Prismen aus gewöhnlichem Glase achromatisirt hat, wiederholen; durch solche zwei aufeinander gelegte achromatische Prismen erscheint das Bild einer Kerze, je nach den relativen Lagen der Hauptschnitte, vierfach oder doppelt. Man erkennt dann sehr deutlich, daß diejenigen Bilder, welche verschwinden, nicht mit den beiden andern verschmelzen; denn man sieht sie allmälich schwächer werden, während die andern in demselben Grade an Intensität zunehmen.

Fassen wir also kurz zusammen, so

1) theilt sich das directe Licht bei seinem Durchgange durch einen Kalkspath stets in zwei Bündel; dagegen spaltet sich das Licht, woraus ein beliebiges dieser beiden Bündel besteht, wenn es der Wirkung eines ähnlichen Krystalles unterworfen wird, in gewissen besondern Lagen des Hauptschnittes nicht, und gibt also nur ein einziges Bündel.

2) Die beiden von dem directen Lichte gelieferten Bilder haben stets gleiche Intensitäten; dagegen gibt das Licht des regelmäßigen oder

unregelmäßigen Bündels, wenn es die Doppelbrechung erleidet, faſt ſtets Bilder von ungleichen Intenſitäten.

Der Act der Doppelbrechung hat dieſer letztern Lichtgattung alſo neue Eigenſchaften ertheilt, durch welche man ſie ſtets von dem natürlichen Lichte unterſcheiden kann. Sind übrigens dieſe Eigenſchaften der Art, daß ſie ſich nur durch die Annahme erklären laſſen, daß die elementaren Molecüle der Strahlen Pole beſitzen? Dies ſoll jetzt unterſucht werden.

Wir wollen annehmen, ein Kalkſpathrhomboeder ſei horizontal gelegt, das einfallende Licht treffe ſeine obere Fläche ſenkrecht, und ſein Hauptſchnitt, der vertical ſteht, ſei grade von Norden nach Süden gerichtet, oder falle kurz geſagt mit dem Meridian zuſammen. Man beachte wohl, daß wir dieſe beſondern Lagen des Strahles und des Kryſtalls nur wählen, um von einem ganz beſtimmten Falle auszugehen.

Wird der aus dieſem Kryſtalle austretende regelmäßige Strahl der Wirkung eines zweiten ähnlich geſtellten Rhomboeders, d. h. eines ſolchen, deſſen Hauptſchnitt ebenfalls vertical und in der Ebene des Meridians liegt, unterworfen, ſo geht er, wie wir geſehen haben, durch daſſelbe ungebrochen hindurch; er ſetzt ſeinen Weg geradlinig fort, er bleibt der regelmäßige Strahl.

Wenn aber der Hauptſchnitt des zweiten Rhomboeders, während er ſtets vertical bleibt, die Richtung von Oſt nach Weſt erhält, ſo wird der aus dem erſten Kryſtalle austretende Strahl, trotzdem er ſenkrecht auf die Oberfläche des zweiten auffällt, in dieſem gebrochen; er wird darin zum unregelmäßigen Strahle.

Im erſten Falle ſchnitt der Hauptſchnitt des zweiten Rhomboeders den Strahl, oder wenn man will die Lichtmolecüle, die ihn bilden, in der Richtung von Norden nach Süden; im zweiten wurden dieſe Molecüle in der Richtung von Oſten nach Weſten geſchnitten. Man bemerke übrigens, daß hierin die ganze Veränderung vom erſten zum zweiten Verſuche beſteht, weil der analyſirte Strahl ſtets denſelben materiellen Punkt des zweiten Kryſtalls und auch unter derſelben Neigung trifft. Es iſt alſo nothwendig, daß in dieſem Strahle oder in den

Elementen, aus denen er beſteht, die nördlichen und ſüdlichen Seiten nicht dieſelben Eigenſchaften beſitzen, wie die öſtlichen und weſtlichen.

Analyſirt man das unregelmäßige Bündel mit einem zweiten Kryſtalle, ſo erleidet es, wenn der Hauptſchnitt daſſelbe in der Richtung von Norden nach Süden ſchneidet, die unregelmäßige Brechung; während es dagegen die regelmäßige Brechung erfährt, ſobald es von eben dieſer Ebene in der Richtung von Oſten nach Weſten geſchnitten wird. Dies iſt genau das Entgegengeſetzte von dem, was wir bei der Analyſe des regelmäßigen Strahles beobachtet haben. Die nördlichen und ſüdlichen Seiten dieſes letztern Bündels beſitzen alſo die Eigenſchaften der öſtlichen und weſtlichen Seiten des unregelmäßigen Bildes, und umgekehrt; hierin allein unterſcheiden ſich dieſe beiden Bündel; die mit analogen Eigenſchaften begabten Seiten ſind nur verſchieden orientirt, dergeſtalt daß es, wenn man einen aus irgend einem Kryſtalle austretenden unregelmäßigen Strahl eine Vierteldrehung um ſich ſelbſt machen ließe, unmöglich ſein würde, ihn von dem regelmäßigen Strahle zu unterſcheiden.

Wenn die Phyſiker von einem natürlichen oder künſtlichen Magnete ſagen, daß er Pole habe, ſo verſtehen ſie unter dieſem Ausdrucke nur, daß gewiſſe Punkte des Umfangs des Magnets mit beſonderen Eigenſchaften begabt ſind, welche die übrigen Punkte des Umfangs gar nicht oder wenigſtens nicht in demſelben Grade beſitzen. Man hat alſo von den durch Spaltung des natürlichen Lichtes in einem Kalkſpathrhomboeder entſtandenen regelmäßigen und unregelmäßigen Strahlen mit gleichem Rechte ſagen können, daß ſie Pole hätten, daß ſie polariſirt wären. Um nicht die Analogie des polariſirten Strahles und eines Magnets über die erlaubten Grenzen auszudehnen, wird man nur beachten müſſen, daß auf jedem Elemente dieſes Strahles die diametral entgegengeſetzten Seiten oder Pole (z. B. der Nord- und der Südpol des regelmäßigen Strahles in der beſondern Lage, die wir dem Rhomboeder gegeben haben) beide genau dieſelben Eigenſchaften zu beſitzen ſcheinen; mit verſchiedenen Eigenſchaften begabte Pole wird man auf demſelben Strahle erſt 90° von jenen zwei Punkten auf einer Geraden finden, welche auf der ſie verbindenden Linie ſenkrecht ſteht. Wenn man aber gleichzeitig die beiden aus einem gegebenen Kryſtalle

austretenden Bündel mit einander vergleicht, ſo liegen die mit denſelben Eigenſchaften begabten Pole auf ihnen in zwei rechtwinkligen Richtungen.

Betrachten wir noch ein letztes Mal die beiden Strahlen, welche aus einem Kryſtalle austreten, deſſen Hauptſchnitt, um von einem beſtimmten Falle auszugehen, mit der Ebene des Meridians zuſammenfällt: es liegt kein plauſibler Grund vor, die Benennung Pole mehr den nördlichen und ſüdlichen Seiten des regelmäßigen Strahles als den öſtlichen und weſtlichen Seiten deſſelben beizulegen. Da indeß eine Wahl getroffen werden mußte, ſo iſt man allgemein überein gekommen, den Namen Pole den nördlichen und ſüdlichen Seiten zu ertheilen. Seitdem hat man geſagt, daß der regelmäßige Strahl in der Ebene des Hauptſchnittes polariſirt ſei was; ausdrückt, daß bei den verſchiedenen Elementen dieſes Strahles diejenigen Flächen, die wir Pole genannt haben, ſich in dieſer Ebene finden. Was den unregelmäßigen Strahl anlangt, ſo iſt er ſenkrecht auf den Hauptſchnitt polariſirt, d. h. die Pole deſſelben liegen ſenkrecht gegen dieſen Schnitt, weil er dem regelmäßigen Strahle vollſtändig ähnlich wird, ſobald man ihn eine Vierteldrehung um ſich ſelbſt machen läßt.

An dieſem Punkte angelangt, wird man ſich ohne Zweifel fragen, ob man annehmen ſoll, daß die Spaltung des Lichtes in dem Kryſtalle den Molecülen die Pole erſt gegeben habe, oder ob es wahrſcheinlicher ſei, daß bereits vorhandene Pole nur nach denſelben Gegenden des Raumes gerichtet werden? Die Beantwortung dieſer Frage iſt ſehr ſchwierig; man wird ſpäter, wenn nicht einen Beweis für dieſe zweite Hypotheſe, doch wenigſtens plauſible Gründe für ihre Wahrſcheinlichkeit finden. Hier will ich mich mit der Bemerkung begnügen, daß die von den Strahlen erlittene Modification von der Subſtanz des Kryſtalles, falls er überhaupt das Licht doppelt bricht, ganz und gar unabhängig iſt, und daß alle Erſcheinungen, welche zwei auf einander gelegte Kalkſpathromboeder darbieten, ſich bis in die kleinſten Einzelheiten wiederholen würden, wenn man z. B. eins dieſer Rhomboeder mit einem Kryſtalle von kohlenſaurem Bleioxyd combinirte; und ebenſo wenn der erſte Kryſtall aus Schwefel, der zweite aus Quarz, Schwerſpath u. ſ. w. beſtände.

Uebrigens treten nicht blos in den Vorgängen der Doppelbrechung die besondern Eigenschaften der polarisirten Strahlen hervor; die Reflexion dieser Strahlen auf durchsichtigen Spiegeln gewährt ebenfalls die Mittel, sie von den gewöhnlichen Strahlen zu unterscheiden.

Wenn ein Bündel natürlichen Lichtes unter irgend einer Neigung auf einen durchsichtigen Spiegel auffällt, so spaltet es sich in zwei Theile: der eine geht durch den Spiegel hindurch, der andere wird zurückgeworfen. Dieser letztere ist stets in einer durch die Richtung des ursprünglichen Bündels und durch die Normale im Einfallspunkte gelegten Ebene enthalten. Diese Ebene heißt Reflexionsebene; man muß sie wohl von der Ebene unterscheiden, auf welcher die Reflexion erfolgt, und die mit dem Namen der reflectirenden Ebene zu bezeichnen ist.

Dies vorausgeschickt, stellen wir den Hauptschnitt eines doppeltbrechenden Krystalles vertical, lassen senkrecht gegen seine Flächen ein Bündel gewöhnlichen Lichtes hindurchgehen, und fangen die beiden dadurch erzeugten austretenden Bündel auf einem horizontalen Wasserspiegel auf, wobei wir voraussetzen, daß der regelmäßige Strahl mit der Oberfläche der Flüssigkeit einen Winkel von 37° 15′ macht. Dieser Strahl erfährt dann eine partielle Reflexion, wie sie bei directem Lichte eintritt, während der unregelmäßige Strahl, wenn sein Einfallswinkel ebenfalls 37° 15′ beträgt, ganz und gar in die Flüssigkeit eindringt, ohne daß irgend eins seiner Molecüle zurückgeworfen wird; ein Merkmal, welches dieses letztere Bündel sehr deutlich von dem natürlichen Lichte unterscheidet.

Ertheilen wir, während sämmtliche Umstände des vorhergehenden Versuchs dieselben bleiben, dem Krystalle eine Vierteldrehung um die Strahlen, die durch ihn hindurchgehen; diese Bewegung führt den Hauptschnitt in eine auf seine ursprüngliche Lage senkrechte Ebene; dann wird unter der Neigung von 37° 15′ der regelmäßige Strahl allein ungetheilt in die Flüssigkeit eindringen, der andere dagegen eine partielle Reflexion erleiden, welche genau derjenigen gleich ist, die wir im ersten Falle bei dem regelmäßigen Strahle gefunden hatten: ein neuer Beweis, daß diese beiden Strahlen sich nur durch die

Art unterscheiden, wie diejenigen ihrer Seiten, welche ähnliche Eigenschaften besitzen, orientirt sind.

In allen zwischen diesen beiden extremen Lagen intermediären Stellungen des Hauptschnittes erleiden beide Bündel eine partielle Reflexion, und zwar der regelmäßige Strahl um so stärker, je näher der Hauptschnitt mit der Reflexionsebene zusammenfällt, und der unregelmäßige um so stärker, je mehr der Winkel zwischen diesen beiden Ebenen sich einem rechten nähert.

Ich schließe dieses Kapitel mit der Anführung des mathematischen Gesetzes, welches die relativen Intensitäten des regelmäßigen und des unregelmäßigen Strahls, in welche das polarisirte Licht sich bei seiner Analyse mit einem doppeltbrechenden Krystalle zerlegt, auszudrücken scheint.

Es sei F_o die Intensität des aus irgend einem Krystalle austretenden regelmäßigen Bündels, und F_{oo} und F_{oe} die Intensitäten des regelmäßigen und unregelmäßigen Bündels, welche beim Durchgange durch einen zweiten Krystall aus dem ersten Bündel entstanden sind. Ist der Winkel der beiden Hauptschnitte i so hat man

$$F_{oo} = F_o \cos^2 i, \quad F_{oe} = F_o \sin^2 i.$$

Wir wollen für einige besondere Fälle die speciellen Werthe dieser Ausdrücke angeben.

Wenn $i = 0$, so hat man $\cos^2 0 = 1$, $\sin^2 0 = 0$ und folglich
$F_{oo} = F_o$, und $F_{oe} = 0$.

Wenn $i = 90^0$, so hat man $\cos^2 90^0 = 0$, $\sin^2 90 = 1$, und folglich
$F_{oo} = 0$, und $F_{oe} = F_o$.

Wenn $i = 45^0$, so hat man $\cos^2 45^0 = \sin^2 45 = 1/2$, und folglich
$F_{oo} = 1/2 F_o$, und $F_{oe} = 1/2 F_o$.

Diese drei Folgerungen aus den Formeln stehen, wie man gesehen hat, mit den Beobachtungen im Einklange; man würde jedoch nur das Recht haben, zu behaupten, daß diese Formeln mathematisch streng wären, wenn man sie auch für einige zwischen 0^0, 45^0 und 90^0 liegende Winkel bestätigt hätte.

Die Formeln, welche dem unregelmäßigen Strahle entsprechen, sind ebenso einfach als die vorstehenden. Bezeichnet F_e die Intensität dieses Strahles; F_{eo} und F_{ee} die Intensitäten des regelmäßigen und

des unregelmäßigen Strahles, in welche derselbe sich in einem Krystalle zerlegt, so erhält man, wenn i dieselbe Bedeutung wie zuvor hat

$$F_{eo} = F_e \sin^2 i, \text{ und } F_{ee} = F_e \cos^2 i.$$

Ist $i = 0$, so wird $F_{eo} = 0$ und $F_{ee} = F_e$.

Und in der That gibt es dann keinen regelmäßigen Strahl; das gesammte Licht erleidet die unregelmäßige Brechung.

Nimmt man $i = 90^0$, so kommt $F_{eo} = F_e$, und $F_{ee} = 0$.

Auch dies bestätigt die Beobachtung, weil der aus einem Krystalle kommende unregelmäßige Strahl beim Durchgange durch einen zweiten Krystall, dessen Hauptschnitt auf dem des ersten senkrecht steht, ganz und gar die regelmäßige Brechung erleidet. Dieselbe Uebereinstimmung würde man zwischen der Rechnung und der Erfahrung finden, wenn $i = 45^0$ ist. Dies hindert aber nicht, daß die Formeln nicht ebenso, wie die des regelmäßigen Strahles für die intermediären Werthe zwischen den genannten Winkeln einer Bestätigung durch directe Versuche bedürften.

Viertes Kapitel.

Von der Reflexion als Mittel zur Polarisirung des Lichtes.

Die Reflexion auf durchsichtigen Spiegeln liefert, wie wir zuvor gesehen haben, ein geeignetes Kriterium, um die polarisirten Strahlen von den directen zu unterscheiden; wir müssen hinzufügen, daß sie auch ein Mittel ist, das Licht zu polarisiren.

Man lasse z. B. ein Bündel natürlicher Lichtstrahlen auf einen horizontalen Spiegel von gewöhnlichem Glase in der Weise auffallen, daß die von der Oberfläche des Spiegels aus gezählte Neigung ungefähr 35^0 beträgt: ein Theil des Lichtes wird durch das Glas hindurchgehen, ein anderer reflectirt werden, und dieser reflectirte Theil gerade so polarisirt sein, wie der aus einem Krystalle, dessen Hauptschnitt mit der Reflexionsebene zusammenfällt, austretende regelmäßige Strahl.

In der That, wenn man dieses partiell zurückgeworfene Licht mittelst eines Krystalles analysirt, dessen Hauptschnitt mit der Reflexionsebene zusammenfällt, so spaltet es sich in demselben nicht; man erhält nur ein regelmäßiges Bild. Dasselbe Bündel theilt sich beim Durchgange durch den Krystall ebensowenig, wenn der Hauptschnitt auf der Reflexionsebene senkrecht steht; nur gibt es dann ein unregelmäßiges Bild. In jedem andern Falle erhält man gleichzeitig ein regelmäßiges und ein unregelmäßiges Bild; die Intensität des regelmäßigen Bildes wird durch die Formel $F \cos^2 i$ ausgedrückt, in welcher F die totale Intensität des Bündels, mit dem man operirt, und i den Winkel zwischen dem Hauptschnitte des Krystalles und der Reflexionsebene bezeichnet. Diese Formel fällt, wie man sieht, mit derjenigen zusammen, die wir in dem Falle zweier über einander liegender Krystalle für den regelmäßigen Strahl gegeben haben. Die Reflexionsebene spielt hier die Rolle des Hauptschnitts des ersten Krystalles; in dieser Ebene wird also der Strahl durch die Zurückwerfung polarisirt.

Bevor wir indeß die Identität dieser Art von Polarisation, welche die unter gewissen Winkeln auf der Oberfläche der durchsichtigen Körper eintretende partielle Reflexion dem Lichte einprägt, mit der durch die Doppelbrechung hervorgerufenen behaupten können, müssen wir den durch eine erste Reflexion polarisirten Strahl der Prüfung durch neue Reflexionen unterwerfen.

Diese zweiten Reflexionen werden offenbar das Licht von oben nach unten zurückwerfen, wenn der Spiegel oberhalb des Strahles; von unten nach oben, wenn er unterhalb steht; von rechts nach links, wenn der Spiegel dem Strahle auf seiner rechten Seite, und in entgegengesetzter Richtung, wenn er demselben auf seiner linken Seite entgegentritt.

Wenn der zweite Spiegel ober- oder unterhalb des Strahles in der Weise angebracht ist, daß die neue Reflexionsebene mit der alten zusammenfällt, so findet unter allen Neigungen eine partielle Reflexion statt. Wenn dagegen dieser Spiegel dem Strahle auf seiner rechten oder linken Seite entgegentritt, dergestalt daß die neue Reflexionsebene auf der ersten senkrecht steht, so hört jede Reflexion auf, sobald die Neigung ungefähr 35° beträgt. In den Zwischenlagen des

Spiegels ändert sich unter der constanten Neigung von nahe 35° die Intensität der Reflexion proportional mit dem Cosinusquadrat des Winkels, welchen die alte und die neue Polarisationsebene mit einander bilden.

Die geringste Aufmerksamkeit zeigt, welchen innigen Zusammenhang dieser Versuch mit einem derjenigen Versuche hat, die wir oben mit einem Kalkspathrhomboeder ausführten. Um damals zu sehen, ob der regelmäßige Strahl auf allen Punkten seines Umfanges dieselben Eigenschaften besaß, ertheilten wir dem Krystalle eine Rotationsbewegung um den Strahl, dergestalt daß der Hauptschnitt, und folglich die in ihm enthaltenen Pole successive von oben nach unten, von rechts nach links u. s. w. gerichtet waren, und ließen in diesen verschiedenen Lagen den Strahl auf einen durchsichtigen Spiegel fallen. Jetzt haben wir die erste reflectirende Ebene unverändert gelassen, und die zweite um den Strahl gedreht, sie ihm auf seinen verschiedenen Seiten entgegengestellt. Diese Prüfung ist augenscheinlich der vorhergehenden ähnlich, und ergibt dasselbe Resultat.

Wir können daher jetzt behaupten, daß der auf der oberen Fläche eines Glasspiegels unter dem Winkel von ungefähr 35° reflectirte Strahl in allen Beziehungen dieselben Eigenschaften besitzt, wie der Strahl, welcher aus einem Krystalle hervorgehen würde, dessen Hauptschnitt mit der Reflexionsebene zusammenfiele.

Wir haben bei diesem Versuche einen durchsichtigen Glasspiegel angewandt, müssen aber hinzufügen, daß es auch undurchsichtige Körper gibt, wie schwarzen Marmor, Ebenholz, Firnisse u. s. w., welche gleichfalls mit der Eigenschaft begabt sind, die auf ihrer Oberfläche reflectirten Strahlen zu polarisiren. Dreht man diese Körper um einen polarisirten Strahl, so verhalten sie sich bei den Reflexionsphänomenen, als ob sie durchsichtig wären.

Fünftes Kapitel.

Partiell polarisirte Strahlen.

Partiell polarisirte Strahlen nennt man solche Strahlen, die so zu sagen intermediäre Eigenschaften zwischen den Eigenschaften des gewöhnlichen Lichtes und des vollständig polarisirten Lichtes besitzen.

Diese Strahlen unterscheiden sich vom polarisirten Lichte dadurch, daß sie beim Durchgange durch einen doppeltbrechenden Krystall stets zwei Bündel geben, während sie von dem natürlichen Lichte darin abweichen, daß diese beiden Bündel nicht in allen Lagen des Hauptschnittes eben dieses Krystalles dieselbe Intensität zeigen.

Wir wollen sehen, ob ein partiell polarisirtes Bündel nicht als aus einem Theile A polarisirten und einem Theile B natürlichen Lichtes gebildet angenommen werden könne. Der letztere Theil würde sich bei seinem Durchgange durch einen doppeltbrechenden Krystall stets zu gleichen Theilen zwischen dem regelmäßigen und dem unregelmäßigen Bündel theilen, der erstere dagegen bisweilen bald ganz in das erste, bald ganz in das zweite Bündel übergehen.

In einer gewissen Lage des Hauptschnittes würden also die relativen Intensitäten des regelmäßigen und des unregelmäßigen Bündels $^1/_2 B + A$ und $^1/_2 B$ sein.

Nachdem der Krystall eine Vierteldrehung gemacht hat, würde man in dem regelmäßigen Bündel nur die Intensität $^1/_2 B$ finden, während dieselbe in dem anderen Bündel auf $^1/_2 B + A$ gestiegen wäre.

In allen anderen Lagen, als den vorhergehenden, würde sich A unter die beiden Bilder vertheilen.

Der von A in dem regelmäßigen Bilde enthaltene Theil würde stets durch die Formel $A \cos^2 i$ gegeben sein, wo i den Winkel zwischen der Polarisationsebene des Lichtes und dem Hauptschnitte des Krystalles bezeichnet.

Wenn $i = 45^0$ wäre, so würden beide Bilder dieselbe Intensität besitzen.

Alle diese Folgerungen aus der Hypothese, von welcher wir ausgegangen sind, stimmen mit der Erfahrung überein. Es ist daher die Annahme gestattet, daß ein partiell polarisirter Strahl aus zwei unterschiedenen Theilen, einem aus natürlichem Lichte B, und einem zweiten aus vollständig polarisirtem Lichte A gebildeten, bestehe.

In jedem senkrecht auf einem durchsichtigen Spiegel reflectirten Bündel, (und zwar ist dies der einzige Fall), ist der Theil A Null. Darauf erlangt dieser Theil um so beträchtlichere Werthe, je mehr der Winkel zwischen dem einfallenden Strahle und der Normale wächst.

Unter der Neigung, welche wir den Winkel der vollständigen Polarisation genannt haben, ist $B = 0$, und A bildet das ganze reflectirte Bündel. Sobald die Neigung noch größer wird, erscheint in diesem Bündel von Neuem gleichzeitig natürliches Licht B und polarisirtes Licht A. Wenn endlich der einfallende und der zurückgeworfene Strahl so zu sagen die Oberfläche des Spiegels streifen, ist A zum zweiten Male sehr schwach gegen B.

Die Metallspiegel polarisiren unter keiner Neigung die von ihnen reflectirten Strahlen vollständig. Wie für die durchsichtigen Spiegel hat man bei senkrechter Incidenz $A = 0$; bei jedem anderen Winkel bleibt A merklich, d. h. das Licht ist partiell polarisirt. Man nennt Polarisationswinkel eines Metalles denjenigen Winkel, für welchen der Quotient $\frac{A}{B}$ ein Maximum wird.

Es gibt ebenfalls durchsichtige Körper, wie den Diamant, den Schwefel u. s. w., welche durch die Reflexion auf ihrer Oberfläche das Licht niemals vollständig polarisiren; aber das Verhältniß $\frac{A}{B}$ erlangt bei ihnen wenigstens viel größere Werthe als bei den Metallen.

Das mathematische Gesetz, welches die Intensität von A mit dem Einfallswinkel und dem Brechungsvermögen des Spiegels verknüpft, ist noch nicht entdeckt worden. Man weiß nur, daß bei gleichen Winkelabständen ober- und unterhalb des Winkels der vollständigen Polarisation das Verhältniß von A zu $A + B$ fast dasselbe ist, obschon die absoluten Werthe von A und B sich stark geändert haben können.

So findet man z. B. auf einem Glase von St. Gobin, wo die vollständige Polarisation bei einer Neigung des Strahles von ungefähr 35° gegen die Oberfläche eintritt, daß die reflectirten Bündel dieselbe relative Menge von polarisirtem Lichte bei folgenden Winkeln enthalten:

	65° 42′	63° 54′	60° 18′
	und 7 12	und 7 55	und 11 40
Mittel	36° 27′	35° 55′	35° 59′

Für Wasser ist das Verhältniß von A zu $A + B$ fast dasselbe bei den Winkeln 3° 29′ und 73° 48′; das Mittel dieser beiden Werthe

38° 36′ übertrifft kaum den wahren Winkel der vollständigen Polarisation um $1^1/_4{}^0$, obgleich es aus Winkeln hergeleitet ist, die um mehr als 30° davon abstehen.

Ebenso wie die Astronomen den Augenblick des Durchganges eines Gestirns durch den Meridian mittelst correspondirender, vor und nach diesem Durchgange beobachteter Höhen bestimmen, würde man also mit ziemlicher Genauigkeit den Winkel der vollständigen Polarisation durch die halbe Summe der Neigungen, welche aequivalenten partiellen Polarisationen entsprechen, erhalten können, besonders wenn man sich nicht zu weit von dem gesuchten Winkel entfernte. Dies Verfahren ist nicht ohne Nutzen, wenn man mit Körpern operirt, die unter keinem Einfallswinkel die Strahlen vollständig polarisiren.

Sechstes Kapitel.

Ueber den Zusammenhang der Brechungsexponenten der Körper mit den Winkeln der vollständigen Polarisation.

Man braucht auf die von den Physikern über die Winkel, wo für verschiedenartige Körper eine vollständige Polarisation des reflectirten Strahles eintritt, veröffentlichten Tabellen nur einen Blick zu werfen, um zu sehen, daß diese Winkel, von der Verticale aus gerechnet, sich um so mehr einem rechten nähern, je stärker diese Körper das Licht brechen; jedoch war es nicht eben so leicht, den merkwürdigen Zusammenhang zwischen diesen beiden Elementen, den ich jetzt erläutern will, zu erkennen.

Wenn ein Lichtstrahl IO (Fig. 6) aus dem leeren Raume in ein gewisses Mittel SS′ übergeht, so wird er im Einfallspunkte O gebrochen; anstatt der gradlinigen Verlängerung OI′ von IO zu folgen, nähert er sich dem Einfallslothe PQ und erhält z. B. die Richtung OR. Die Winkel POI und QOR sind für jedes Mittel durch folgende Proportion verknüpft:

$$\sin \mathrm{POI} : \sin \mathrm{QOR} = m : 1,$$

in welcher m stets einen constanten Werth behält, welches auch die

Winkel POI und QOR sein mögen. Diese Größe m, die stets größer als 1 ist, heißt der Brechungsexponent des Mittels. Man

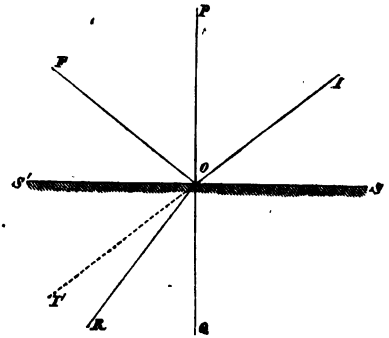


Fig. 6. — Bestimmung des Winkels der vollständigen Polarisation.

darf sie nicht mit dem Brechungsvermögen verwechseln, das eine numerische Function von m und der Dichtigkeit des Körpers ist, die man aus der Emissionstheorie angehörigen Betrachtungen hergeleitet hat.

Wenn nun IO die Richtung ist, welche der einfallende Strahl haben muß, damit der reflectirte Strahl OF vollständig polarisirt erscheint, so wird die trigonometrische Tangente des Einfallswinkels dem Brechungsexponenten gleich sein.

Es folgt hier eine Tabelle, in welcher sich die durch den Versuch gefundenen und die nach dem eben ausgesprochenen Satze berechneten Polarisationswinkel neben einander gestellt finden. Die Abweichungen übersteigen nicht die von derartigen Beobachtungen unzertrennlichen Fehler.

Namen der Körper.	Winkel der vollständigen Polarisation beobachtet.	berechnet.	Differenzen.
Luft	45° bis 47°	45°	1° 0′
Wasser . . .	52° 45′	53 11′	— 0 26
Flußspath . .	54 50	55 9	— 0 19
Obsidian . .	56 3	56 6	— 0 3
Gyps . . .	56 28	56 45	— 0 17
Bergkrystall . .	57 22	58 58	+ 0 24
Topas . . .	58 40	58 34	+ 0 6
Kalkspath . .	58 23	58 51	— 0 28
Rother Spinell .	60 16	60 25	— 0 9

Namen der Körper.	Winkel der vollständigen Polarisation beobachtet.	berechnet.	Differenzen.
Zirkon . . .	63° 8′	63° 0′	+ 0° 8′
Spießglanzglas .	64 45	64 30	+ 0 15
Schwefel . .	64 10	63 45	+ 0 25
Diamant . . .	68 2	68 1	+ 0 1
Rothbleierz . .	67 42	68 3	— 0 21

Das zuvor angeführte Princip läßt sich noch auf zwei andere merkwürdige Weisen aussprechen. Ich habe gesagt, daß für alle Winkel die Proportion sin POI: sin QOR = m: 1 gilt, daß man also stets hat sin POI = m sin QOR. Da nun bei dem Winkel der vollständigen Polarisation tg POI = m, und tg POI = $\frac{\sin POI}{\cos POI}$ ist, so erhält man also für den Fall der vollständigen Polarisation

$$\frac{\sin POI}{\cos POI} = m, \text{ und } \sin POI = m \cos POI,$$

welche Gleichung sich mit dem allgemeinen Werthe von sin POI = m sin QOR nur vereinigen läßt, wenn man sin QOR = cos POI setzt, d. h. QOR + POI = 90° annimmt. Wenn also die Polarisation vollständig ist, so ergänzen Einfalls- und Brechungswinkel einander zu 90°, oder mit anderen Worten, die einfallenden oder reflectirten Strahlen haben gegen die Oberfläche des Mittels dieselbe Neigung, wie die gebrochenen Strahlen gegen das Einfallsloth.

Wenn aber der Winkel FOS′, der gleich dem Winkel IOS ist, dem Winkel ROQ gleich wird, so wird S′OR + ROQ = 90° = S′OR + FOS′; es steht folglich FO senkrecht auf OR; bei dem Winkel der vollständigen Polarisation steht also der reflectirte Strahl auf dem gebrochenen Strahle senkrecht.

Ich muß hier einige Einwürfe prüfen, die man gegen die Genauigkeit des zuvor in drei verschiedenen Formen ausgesprochenen Gesetzes erhoben hat.

Wenn dies Gesetz, sagt man, mathematisch streng wäre, so würden die verschiedenfarbigen Strahlen nicht sämmtlich unter demselben Winkel polarisirt werden, weil sie das Mittel in verschiedenen Rich-

tungen durchlaufen. Es würde also scheinen, daß wenn man wie gewöhnlich den Winkel der vollständigen Polarisation sucht, indem man das reflectirte Licht mittelst eines doppeltbrechenden Krystalles analysirt, man in keinem Falle eins der Bilder vollständig verschwinden sehen dürfte; daß z. B. wenn man bei der Neigung angekommen wäre, wo das gesammte rothe Licht des einfallenden weißen Bündels polarisirt wäre und ganz in das regelmäßige Bild überginge, der Beobachter ein aus weißem weniger rothem, d. h. ein aus grünem Lichte bestehendes unregelmäßiges Bild wahrnehmen müßte, und ebenso für alle übrigen Farben. Indeß, setzt man hinzu, nimmt in den meisten Fällen, wenn der Krystall richtig gestellt ist, das eine der Bilder allmälich ab, wenn man sich einer passenden Neigung nähert und verschwindet endlich ganz und gar ohne merkliche Spuren von Färbung dargeboten zu haben.

Zuerst antworte ich hierauf, daß es Körper gibt, auf denen diese Färbung deutlich ist, und die dann, wie das Gesetz der Tangente es verlangt, die verschiedenfarbigen Strahlen nicht unter demselben Winkel polarisiren; ich führe unter Andern an Eisenglanz, auf welchem die Erscheinung sehr auffällig ist; Cassiaöl, dessen großes Zerstreuungsvermögen sie ebenfalls sehr sichtbar macht, u. s. w.

Ich füge ferner hinzu, daß man allen Grund hat zu hoffen, daß genaue Beobachtungen, bei denen man die verschiedenen homogenen Strahlen, welche das Sonnenspectrum bilden, gesondert anwendet; daß scharfe Messungen der Lichtmengen, welche bei wenig von dem Winkel der vollständigen Polarisation verschiedenen Neigungen der Polarisation entgehen, die geringe Abweichung gänzlich verschwinden lassen werden, die man zwischen der Erfahrung und einem mit der Gesammtheit der Vorgänge so nahe übereinstimmenden Gesetze, daß es als völlig streng gelten zu können scheint, zu finden geglaubt hat.

Die oben mitgetheilte Tabelle enthält die Namen mehrerer Mittel, wie Diamant, Schwefel, welche das Licht nicht vollständig polarisiren. Das Gesetz der Tangente, das man daraus hergeleitet hat, scheint also auf solche Mittel anwendbar, vorausgesetzt, daß man dann unter Polarisationswinkel denjenigen versteht, bei welchem der reflectirte Strahl die größte relative Menge polarisirten Lichtes enthält. In diesem Sinne

würde die Beobachtung dieses Winkels bei den Metallen um so wichtiger sein, als man bis jetzt kein Mittel gefunden hat, ihren Brechungsexponenten zu bestimmen.

Diese Winkel der stärksten Polarisation, von der Normale aus gezählt, scheinen zu sein:

für Queckſilber . . $76^1/_2{}^0$
für Stahl . ungefähr 71^0.

Sie würden für die Brechungsexponenten des Queckſilbers und des Stahls respective geben 4,16 und 2,85.

Wir haben bisher nur von der an der ersten Oberfläche der Körper erfolgten Polarisation geredet; die zweiten Flächen besitzen ganz analoge Eigenschaften.

Der von der Normale aus gezählte Winkel, unter welchem das Licht polarisirt wird, wenn es aus dem leeren Raume in ein Mittel übergeht, ist größer als derjenige, unter welchem man dieselbe Erscheinung beobachtet, wenn der aus dem Mittel kommende Strahl in den leeren Raum übergehen will. Alle Versuche zeigen, daß der Sinus des ersten dieser Winkel sich zum Sinus des zweiten verhält, wie der Brechungsexponent zur Einheit. Auf andere Weise ließe sich eben dieselbe Thatsache aussprechen, wenn man sagte, daß auf der zweiten Oberfläche der Körper ebenso wie auf der ersten, der durch Reflexion vollständig polarisirte Strahl auf dem gebrochenen Strahle senkrecht steht.

Aus diesem Gesetze folgt ferner, daß wenn ein Mittel von parallelen Flächen begrenzt ist, und ein Strahlenbündel unter dem Winkel der vollständigen Polarisation auf seine erste Fläche auffällt, der eingedrungene Theil dieses Bündels die zweite Fläche unter demjenigen Winkel trifft, wo er ebenfalls eine vollständige Polarisation erleidet.

Es seien MN, TS (Fig. 7) die parallelen Flächen, OR der einfallende, OV der gebrochene Strahl und n der Brechungsexponent. Der Brechungswinkel VOp wird stets dem Winkel OVZ zwischen dem gebrochenen Strahle OV und dem Einfallslothe VZ auf der zweiten Fläche gleich sein. Nach dem angeführten Gesetze hat man aber, wenn POR den Winkel der vollständigen Polarisation auf der ersten Fläche darstellt:

sin POR: Sinus des Polarisationswinkels an der zweiten Fläche = n: 1, woraus folgt

sin POR = n × Sinus des Polarisationswinkels an der zweiten Fläche.

Nach dem Sinusgesetz hat man dann, wie immer

$$\sin POR : \sin VOp = n : 1$$

folglich $\sin POR = n \sin VOp = n \sin ZVO.$

Diese Gleichung mit der vorhergehenden verbunden, gibt

den Winkel der vollständigen Polarisation an der zweiten Fläche = ZVO.

Es folgt daraus, daß wenn der einfallende Strahl vorläufig polarisirt und so gerichtet ist, daß er beim Eintritt in die erste Fläche eines von parallelen Flächen begrenzten Spiegels der partiellen Reflexion entgeht, er ebenso auch beim Durchgange durch die Austrittsfläche jeder Reflexion entgehen wird.

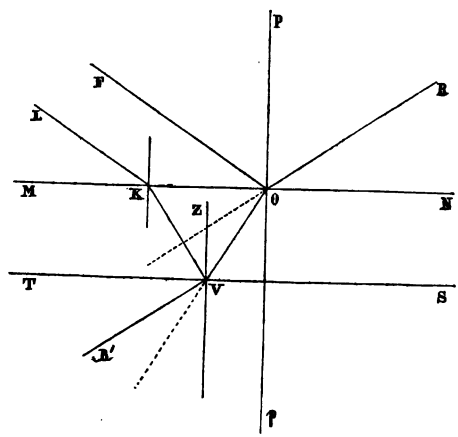


Fig. 7. — Vollständige Polarisation an der Oberfläche eines Mittels mit parallelen Flächen.

Wenn ROP einen passenden Werth hat, so ist OF vollständig polarisirt. VK ist es gleichfalls; die nachfolgende Brechung KL in K wird Nichts daran ändern. Wenn man sich polarisirtes Licht durch Reflexion von einem Spiegel verschaffen will, so kann man also das

Schwärzen der zweiten Fläche unterlassen, sobald dieselbe der ersten Fläche parallel ist: man wird eine ebenso vollständige Polarisation erhalten und dabei eine größere Intensität des reflectirten Bündels gewinnen; nur muß man hinter dem Spiegel einen schwarzen Körper z. B. Sammet anbringen, um die Strahlen der unterhalb befindlichen Gegenstände abzuhalten, ins Auge zu gelangen.

Die Regel, aus der ich so eben diese Folgerung gezogen habe, ist übrigens nur ein besonderer Fall eines allgemeineren Gesetzes, das man so aussprechen kann:

Der Sinus des Winkels, unter welchem ein Lichtbündel an der ersten Fläche eines Körpers reflectirt werden muß, um eine gewisse relative Menge polarisirten Lichtes zu enthalten, verhält sich zum Sinus des Winkels, unter welchem die Reflexion auf der zweiten Fläche allein demselben Bündel eine äquivalente Polarisation ertheilen würde, wie der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels.

Durch den Versuch hat man gefunden, daß der Sinus des Winkels, unter welchem eine gewisse relative Menge eines natürlichen Lichtbündels an der ersten Fläche eines Körpers reflectirt wird, sich zu dem Sinus des Winkels, unter welchem eine gleiche relative Menge dieses Bündels an der zweiten Fläche reflectirt werden würde, wenn es unmittelbar auf dieselbe fiele, verhält, wie der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels. Die Combination dieser photometrischen Regel mit der vorstehenden führt zu folgendem sehr einfachen Satze:

Die erste und die zweite Fläche eines Körpers polarisiren das Licht gleich stark unter den Winkeln, unter welchen eben diese Flächen dasselbe gleich stark reflectiren.

Ich habe zuvor gezeigt, wie das Licht, sowohl beim Uebergange aus dem leeren Raume in eine gegebene Substanz, als auch aus letzterer in den leeren Raum polarisirt wird. Es bleibt jetzt noch übrig,

die Geſetze der Polariſation, welche an der Trennungsfläche zweier mit ungleichen brechenden Kräften begabter Mittel erfolgt, anzugeben.

Es ſeien m und m′ die Brechungsexponenten dieſer beiden Mittel, und m größer als m′. Der Verſuch zeigt, daß die Tangente des Winkels, unter welchem das Licht an der Trennungsfläche dieſer beiden Körper vollſtändig polariſirt wird, gleich $\frac{m}{m'}$ iſt.

Daraus folgt mittelſt ähnlicher Schlußfolgerungen, wie die bereits angewandten: 1) daß hier ebenſo wie in dem Falle, wo der Körper und der leere Raum an einander grenzen, die Summe des Einfalls- und des Brechungswinkels gleich 90° iſt; und 2) daß wenn die Polariſation vollſtändig oder auf dem Maximum iſt, der reflectirte Strahl auf dem gebrochenen Strahle ſenkrecht ſteht.

Siebentes Kapitel.

Von der Brechung als Mittel das Licht zu polariſiren.

Man hat einige Zeit geglaubt, daß die Lichtſtrahlen ſich beim Zuſammentreffen mit durchſichtigen Körpern nur in dem Acte der Reflexion polariſiren, und das gebrochene Bündel ſtets die Eigenſchaften des gewöhnlichen Lichtes bewahre; dies war aber ein Irrthum. Allerdings genügt der bloße Durchgang durch eine oder ſelbſt zwei Flächen aller bekannten Körper nicht, um ein Lichtbündel vollſtändig zu polariſiren; doch entſteht dadurch, unter gewiſſen Einfallswinkeln wenigſtens, eine partielle Polariſation; denn bei der Unterſuchung der in ſchiefer Richtung durch ein Glas mit parallelen Flächen hindurchgegangenen Strahlen mittelſt eines doppeltbrechenden Kryſtalles findet man, daß die beiden Bilder in ihren Intenſitäten merklich von einander verſchieden ſind.

Es ſei A′ der polariſirte Theil des durchgelaſſenen Bündels, und B′ der Theil deſſelben Bündels, der dieſe Modification nicht erlitten hat; ferner ſeien A und B die entſprechenden Theile des unter derſelben Incidenz reflectirten Bündels.

Ich habe bereits gesagt, daß A gerade so polarisirt ist, als ob es der aus einem Krystalle, dessen Hauptschnitt mit der Reflexionsebene zusammenfällt, austretende regelmäßige Strahl wäre; dagegen liegen die Pole von A′ gerade wie die des unregelmäßigen Strahles desselben Krystalles. Wenn man mit einem Kalkspathrhomboeder das von einer Glasplatte reflectirte Licht untersucht, so findet man z. B., daß in einer gewissen Lage des Hauptschnittes das rechte Bild das hellere ist; bleiben die relativen Stellungen des Krystalles, der Platte und des Auges unverändert, so wird umgekehrt, wenn man das durchgelassene Licht untersucht, das entgegengesetzte, also das linke Bild die größere Helligkeit besitzen. Alle diese Resultate sind in folgendem Satze enthalten:

Die Ebene, welche die Pole des gebrochenen Lichtes enthält, steht auf der Ebene, in welcher die Pole des reflectirten Lichtes liegen, senkrecht. Diese beiden Lichtarten sind also unter rechten Winkeln polarisirt.

Wenn man das reflectirte Licht $A+B$ der Wirkung eines Kalkspaths unterwirft, dessen Hauptschnitt mit der Reflexionsebene zusammenfällt, so sind die Intensitäten des regelmäßigen und des unregelmäßigen Strahles respective

$$A+{}^1/_2B \text{ und } {}^1/_2B.$$

In derselben Stellung des Spiegels und des Krystalls werden die Intensitäten der von dem durchgelassenen Lichte gelieferten Bilder

$${}^1/_2B' \text{ und } A'+{}^1/_2B'.$$

A ist also die Größe, um welche das von dem reflectirten Strahle gelieferte regelmäßige Bild das unregelmäßige übertrifft; während A′ dagegen bei der Untersuchung des durchgelassenen Bündels die Größe ausdrückt, um welche das regelmäßige Bild von dem unregelmäßigen übertroffen wird.

Ich will jetzt einen Versuch berichten, der zu einem merkwürdigen Resultate führt, nämlich: daß unter allen Neigungen $A=A'$ ist, oder mit andern Worten, daß die Intensitäten der beiden vom Kalkspathe gelieferten Bilder um dieselbe Größe verschieden sind, mag man das reflectirte oder das durchgelassene Bündel betrachten.

Geſetzt eine Glasplatte LD ſei in der Fig. 8 gezeichneten Lage vor einem Mittel AB von gleichförmiger Helligkeit, z. B. vor einem

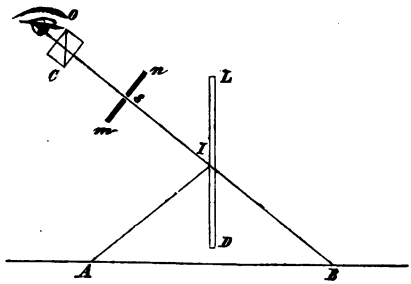


Fig. 8. — Vergleichung des reflectirten und durchgelaſſenen Lichtes.

Blatte weißen Papiers aufgeſtellt; das in O befindliche Auge wird gleichzeitig den in I reflectirten Strahl AIO und den an demſelben Punkte durchgelaſſenen Strahl BIO erhalten. Man bringe in m einen undurchſichtigen und geſchwärzten Schirm, der von einem kleinen Loche durchbohrt iſt, an; und ſtelle endlich vor das Auge O den doppeltbrechenden Kryſtall C, der zwei Bilder der Oeffnung S geben wird.

Wenn man mit einem kleinen zwiſchen B und I angebrachten Schirme den Strahl BI, welcher durch das Glas gegangen ſein würde, aufhält, ſo gibt der paſſend aufgeſtellte Kryſtall C:

ein regelmäßiges Bild . . . . . $A + {}^1/_2 B$
ein unregelmäßiges Bild . . . . . ${}^1/_2 B.$

Wenn ein zwiſchen A und I eingeſchalteter Schirm den Strahl AI gehindert hätte, den Spiegel zu erreichen, ſo würde man zwei Bilder der Oeffnung erhalten, deren Intenſitäten wären:

regelmäßiges Bild . . . . . ${}^1/_2 B'$
unregelmäßiges Bild . . . . . $A' + {}^1/_2 . B.$

Beſeitigt man jeden Schirm und läßt gleichzeitig den reflectirten Strahl AIO und den durchgelaſſenen Strahl BIO ins Auge gelangen, ſo erhält man folglich die Intenſitäten des

regelmäßigen Bildes . . . . . $A + {}^1/_2 B + {}^1/_2 B'$
unregelmäßigen Bildes . . . . . ${}^1/_2 B + A' + {}^1/_2 B'$

Der Versuch zeigt dann, daß diese beiden Bilder vollständig gleich sind, welches auch der von dem Strahle AI mit der Glasplatte gebildete Winkel sein möge, was offenbar nur stattfinden kann, sobald stets $A = A'$ ist. Daher ist

die Menge polarisirten Lichtes, welche in dem von einer durchsichtigen Ebene durchgelassenen Bündel enthalten ist, genau der unter rechten Winkeln polarisirten Lichtmenge gleich, die sich in dem von derselben Ebene reflectirten Bündel findet.

Daraus ergibt sich, daß unter dem Winkel, wo die Reflexion das Licht vollständig polarisirt, die beiden Bilder des durchgelassenen Bündels, welche ein passend gestellter Krystall liefert, in ihrer Intensität um eine dem gesammten reflectirten Bündel gleiche Größe verschieden sind, und daß also, wenn man jemals einen Körper entdeckte, der unter diesem Winkel gerade die Hälfte des einfallenden Lichtes reflectirte, das unter derselben Neigung durchgelassene Bündel ebenfalls vollständig polarisirt sein würde.

Der Einfachheit wegen habe ich im Vorstehenden angenommen, daß in LD nur eine einzige Glasfläche existire. Ich würde mich indeß zu weit von meinem Gegenstande entfernen, wenn ich hier zeigen wollte, in welcher Weise man diesen abstracten Fall verwirklichen könnte; daher beschränke ich mich auf den Ausspruch, daß die berichteten Versuche in gleicher Weise gelingen, wenn man in LD einen Glasspiegel mit parallelen Flächen aufstellt; was die Folgerung nach sich zieht, daß die zweite Fläche ebenfalls gleiche Lichtmengen durch Reflexion und durch Brechung polarisirt. Um alle Zweifel über die Genauigkeit dieser Resultate zu beseitigen, will ich endlich hinzufügen, daß wenn man gleichzeitig auf zwei an einander stoßende Stellen eines Glasspiegels (mit einer oder mit zwei reflectirenden Flächen) natürliches Licht und solches Licht fallen läßt, das durch ein Kalkspathrhomboeder hindurchgegangen ist und daher aus zwei unter rechten Winkeln polarisirten gleich intensiven Bündeln besteht, in beiden Fällen das reflectirte Licht dieselbe Menge polarisirter Strahlen erhalten wird. Nun übt aber der reflectirende Spiegel keine besondere Wirkung auf die beiden Bündel aus, woraus das aus dem Rhomboeder kommende Licht besteht;

er siebt sie nur ungleich. Wenn das reflectirte Bündel einen Ueberschuß an Strahlen enthält, die in einer Richtung polarisirt sind, so wird sich ein genau gleicher Ueberschuß von unter rechten Winkeln polarisirten Strahlen in dem durchgelassenen Bündel finden. In diesem Falle ist der ausgesprochene Satz eine nothwendige Wahrheit. Zur Berechtigung, denselben auf das natürliche Licht auszudehnen, genügt es, sich versichert zu haben, wie dies von mir geschehen ist, daß letzteres sich in dem Acte der Reflexion und der Brechung gerade so verhält, wie die Vereinigung zweier rechtwinklig polarisirter gleich intensiver Strahlen.

Eins der besten Mittel zur Prüfung der Richtigkeit physikalischer Gesetze besteht darin, aufzusuchen, was aus ihnen in extremen Fällen wird. Das vorstehende Gesetz führt, seine allgemeine Geltung vorausgesetzt, z. B. zu der Folgerung, daß, wo keine Durchlassung des Lichtes stattfindet, auch keine Polarisation eintreten könne. In der That, man lasse ein Lichtbündel unter dem Winkel der totalen Reflexion auf die innere Fläche eines Prismas fallen, und man wird in dem reflectirten Bündel keine Spur von Polarisation finden, obgleich unter wenig von ihm entfernten Incidenzen eine merkliche Menge des Lichtes und selbst alles polarisirt war.

Es stelle A den Theil des Lichtes I dar, welcher unter dem Winkel von 35° auf den beiden Flächen eines parallelen Glasspiegels durch Reflexion polarisirt wird. Das durchgelassene Bündel ist dann $I - A$; und in dieser Lichtmenge finden sich, dem oben ausgesprochenen Gesetze gemäß, A Strahlen, deren Polarisationsebene senkrecht auf der der reflectirten Strahlen steht. Die Menge $I - A$ läßt sich also in $I - 2A$ natürliches Licht und in A durch Brechung polarisirte Strahlen zerlegen. Wir setzen $I - 2A = I'$. Wenn das Bündel $I' + A$ auf einen zweiten mit dem ersten parallelen Spiegel ebenfalls unter dem Winkel von 35° auffällt, so entgeht A vollständig der partiellen Reflexion und findet sich, von der Absorption abgesehen, ganz und gar in dem von diesem zweiten Spiegel durchgelassenen Bündel; I' wird gesiebt, wie es zuvor mit I geschah; ein Theil A' von I' wird durch Reflexion polarisirt; der durchgelassene Rest $I' - A'$ enthält eine Menge A' durch Brechung polarisirter Strahlen, so daß man im Ganzen beim Austritte aus dem zweiten Spiegel $I' - 2A'$ natürliches

Licht und $A + A'$ durch Brechung polarisirte Strahlen erhält. Setzen wir $I' - 2A' = I''$, so wird jenes Licht $I'' + A + A'$ bei seinem Durchgange durch einen dritten mit dem vorhergehenden parallelen Spiegel eine neue Menge A'' durch Brechung polarisirten Lichtes liefern, die sich zu $A + A'$ hinzufügt, u. s. f.

Da die Lichtbündel I, I', I'' u. s. w. aus natürlichem Lichte bestehen, so werden sie beim Zusammentreffen mit dem ersten, zweiten, dritten u. s. w. Spiegel in gleichen Verhältnissen polarisirt. Die Brüche $\frac{A}{I}$, $\frac{A'}{I'}$, $\frac{A''}{I''}$ u. s. w. haben also gleiche Werthe. Wenn z. B. $1/6$ des Lichtbündels I beim Auffallen auf den ersten Spiegel durch Reflexion polarisirt wird, so wird $1/6$ von I' auf dem zweiten, $1/6$ von I'' auf dem dritten Spiegel u. s. f. polarisirt, und die von diesen Spiegeln durchgelassenen Bündel müssen respective an natürlichem Lichte oder an Licht, das dieselben Eigenschaften besitzt, enthalten $4/6$ I, $4/6$ I', $4/6$ I'' u. s. w. Wie groß also auch die Zahl der aufeinander gelegten Platten sein möge, das durchgelassene Bündel wird streng genommen schließlich eine gewisse Menge natürlichen Lichtes enthalten; aber diese Menge wird rasch abnehmen und endlich ganz und gar unmerklich sein.

In diesem Sinne kann man sagen, daß eine Säule aus parallelen Glasplatten das durch sie hindurchgehende Licht senkrecht auf die Ebene polarisirt, in welcher die Strahlen durch Reflexion auf denselben Platten polarisirt werden.

Im Vorhergehenden habe ich angenommen, daß das einfallende Licht die Glasplatte unter dem Winkel treffe, wo es vollständig durch Reflexion polarisirt wird; man erhält aber dasselbe Resultat, welches auch die Neigung sein möge; nur muß man die Säule aus einer um so größern Anzahl Platten zusammensetzen, je mehr die Richtung, in welcher die Strahlen hindurchgehen, sich der Normalen auf ihren Flächen nähert.

Für eine bestimmte Neigung hängt die Anzahl der Platten, welche nothwendig sind, um durch Brechung eine fast vollständige Polarisation eines gegebenen Lichtes zu erzeugen, auch von ihrer reflectirenden Kraft ab; so habe ich z. B. bereits bemerkt, daß eine Platte, die unter

dem Polarisationswinkel die Hälfte des einfallenden Lichtes polarisirte, für sich allein die Wirkung einer Säule ausüben würde. Gewisse Körper in der Natur, z. B. der Achat, modificiren das durch sie hindurchgehende Licht gerade so, wie es eine Säule aus Platten thun würde.

Wenn man eine hinreichend dicke Achatplatte senkrecht gegen die Schichten, woraus sie besteht, schneidet, so wird das Licht bei seinem Durchgange durch dieselbe im Sinne dieser Blättchen polarisirt. Eine ähnliche Eigenschaft findet sich auch im Turmaline, und sie ist hier um so auffallender, als man in diesem Minerale, wenn es rein ist, keine Spuren von über einander liegenden Schichten wahrnimmt. Wenn man die beiden gegenüberliegenden Seiten einer Turmalinnadel in der Weise polirt, daß daraus ein Blättchen mit parallelen Flächen von ungefähr 1^{mm} Dicke entsteht, so wird das durch diese Flächen hindurchgegangene Licht, welches auch seine Incidenz sein möge, in einer auf die Are der Nadel senkrechten Ebene polarisirt sein.

Bevor ich dieses Kapitel schließe, muß ich noch die Phänomene kennen lehren, welche die Säulen darbieten, wenn man sie vorläufig polarisirten Strahlen aussetzt. Ich werde annehmen, die Säule sei aus parallelen Glasplatten gebildet, und es betrage ferner, um die Erscheinung deutlich hervortreten zu lassen, der Einfallswinkel auf der ersten Platte, von ihrer Fläche aus gerechnet, ungefähr 35^{o}.

Wenn die ursprüngliche Polarisationsebene des einfallenden Strahles mit der Ebene zusammenfällt, welche durch diesen Strahl und das im Einfallspunkte auf der ersten Fläche errichtete Perpendikel gelegt ist, so wird ein viel beträchtlicherer Theil dieses Strahles reflectirt werden, als wenn man natürliches Licht anwendet; beim Auffallen auf die zweite Platte wird das durch die erste hindurchgegangene Lichtbündel in demselben Verhältnisse reflectirt wie auf der ersten; dieselbe Wirkung tritt auf der dritten Platte ein, u. s. f. Wie intensiv auch der durchgelassene Strahl ursprünglich sein möge, so wird er doch auf diese Weise in geometrischer Progression geschwächt, und hört endlich auf sichtbar zu sein; die von der entgegengesetzten Seite, als das Licht herkommt, betrachtete Säule erscheint als ein dunkler Körper; kein Strahl geht durch sie hindurch.

Lassen wir, während sonst Alles in demselben Zustande bleibt,

die Säule eine Vierteldrehung um den Strahl machen, ſo wird die neue Reflexionsebene auf der frühern ſenkrecht ſtehen und die erſte Platte die früher erwähnte Lage erreicht haben, in welcher jede reflectirende Kraft vollſtändig vernichtet iſt; das geſammte Licht wird durch dieſelbe hindurchgehen. Nun befinden ſich aber die zweite, dritte, vierte u. ſ. w. Platte, weil ſie der erſten parallel ſind, ſämmtlich unter denſelben Umſtänden, beſitzen dieſelben Eigenſchaften, und reflectiren die Strahlen nicht mehr. Abgeſehen von der Abſorption, läßt alſo der Apparat jetzt das einfallende Licht ungeſchwächt hindurch. Die Säule aus Platten beſitzt folglich in Bezug auf das polariſirte Licht die merkwürdige Eigenſchaft, je nachdem ſie dem Lichte von der einen oder andern Seite entgegentritt, entweder vollſtändig undurchſichtig oder ganz durchſichtig zu ſein, obgleich in beiden Verſuchen der Einfallswinkel auf der erſten Platte beſtändig 35° beträgt. In den intermediären Lagen wächſt die durchgelaſſene Lichtmenge allmälich von der Lage aus, wo Nichts hindurchgeht bis zu derjenigen, wo die ganze Schwächung dieſes Lichtes nur von der Abſorption herrührt.

Die Turmaline und Achate, welche wahre Säulen zu ſein ſcheinen, müſſen analoge Erſcheinungen hervorbringen; und in der That läßt z. B. ein mit der Axe einer Turmalinnadel parallel geſchnittenes Blättchen die Strahlen hindurch, welche in einer auf dieſer Axe ſenkrechten Richtung polariſirt ſind, und hält dagegen ſämmtliche Strahlen auf, deren urſprüngliche Polariſationsebene dieſer Axe parallel iſt. Wenn man ein ſolches Blättchen zwiſchen das Auge und einen im Freien befindlichen reflectirenden Spiegel von Waſſer, Glas, u. ſ. w. bringt, und den Spiegel unter dem Winkel der vollſtändigen Polariſation betrachtet, ſo erſcheint er ſehr hell, oder ganz dunkel, oder in den intermediären Stellungen der Lage des Blättchens in ſeiner eigenen Ebene entſprechend. Zu dem Eigenthümlichen dieſes Verſuchs tritt hier noch der Umſtand hinzu, daß derſelbe vollkommen gelingt, wenn auch die Incidenz auf der Platte ſenkrecht iſt, während bei Anwendung einer eigentlichen Säule, wenigſtens wenn dieſelbe nicht aus einer ungeheuer großen Zahl von Elementen beſtand, nöthig war, daß der von der Normale gezählte Einfallswinkel einen ſehr merklichen Werth hatte.

Wie es ſich auch mit der Erklärung, welche man von dieſen Erſcheinungen zu geben verſucht, verhalten möge, ſo folgt aus dem Vorſtehenden mit Entſchiedenheit, daß zwei dergeſtalt auf einander gelegte Turmalinblättchen, daß ihre Aren ſich unter rechten Winkeln kreuzen, ein in Bezug auf jede Art von Licht völlig undurchdringliches Syſtem bilden. Man ſieht z. B., daß wenn dieſes Licht natürliches Licht iſt, die erſte Platte den Theil, welchen ſie hindurchläßt, ſenkrecht gegen die Are polariſirt, und daß dann die zweite in einer rechtwinkligen Stellung befindliche denſelben ganz und gar aufhalten muß.

Achtes Kapitel.

Von der Depolariſation des Lichtes.

Nachdem wir unterſucht haben, wie das gewöhnliche Licht ſich in polariſirtes Licht umwandelt, müſſen wir die Modificationen ſtudiren, die letzteres ſeinerſeits annehmen kann, wenn man es Reflexionen oder Brechungen auf Platten von verſchiedener Beſchaffenheit und verſchiedener Stellung gegen ſeine Pole unterwirft.

Wenn ein polariſirtes Lichtbündel auf die erſte Fläche eines gut polirten Spiegels in der Weiſe auffällt, daß ſeine Polariſationsebene mit der Reflexionsebene zuſammenfällt oder auf ihr ſenkrecht ſteht, ſo iſt das regelmäßig von dieſer Fläche reflectirte Licht ebenſo wie das einfallende, vollſtändig parallel oder ſenkrecht zur Reflexionsebene polariſirt, welches auch die Beſchaffenheit des Spiegels ſein möge.

Sobald aber die urſprüngliche Polariſationsebene des einfallenden Strahles nicht mit der Reflexionsebene zuſammenfällt, oder auf ihr nicht ſenkrecht ſteht, wird man finden, daß das reflectirte Bündel modificirt worden iſt, und daß dieſe Modification von der Natur des Spiegels abhängt.

Wendet man bei dieſen Verſuchen einen durchſichtigen oder undurchſichtigen Spiegel an, der die Fähigkeit beſitzt, das natürliche Licht vollſtändig zu polariſiren, ſo werden die vorläufig polariſirten Strahlen, welche auf die Oberfläche fallen, nach ihrer Reflexion noch voll-

ständig polarisirt sein, jedoch nicht mehr in der Ebene ihrer ursprünglichen Polarisation. Diese durch die Reflexion auf der ersten Fläche eines durchsichtigen Spiegels hervorgebrachte Ablenkung der Polarisationsebene eines Lichtbündels hängt gleichzeitig von dem Einfallswinkel und von der Lage der Reflexionsebene gegen die Pole des Strahles ab.

Für einen gegebenen Einfallswinkel ist die Ablenkung um so beträchtlicher, je näher der Winkel, den die Reflexionsebene mit der ursprünglichen Polarisationsebene macht, an 45° liegt.

Um von einem bestimmten Falle auszugehen, wollen wir zunächst annehmen, daß der reflectirende Spiegel eine horizontale Lage habe, daß das Auge des Beobachters und das Kalkspathrhomboeder, welches das polarisirte Bündel liefern soll, beständig das eine nördlich und das andere südlich vom Spiegel bleiben, wodurch die Reflexionsebene stets mit dem Meridiane zusammenfällt; und daß endlich der Hauptschnitt des Krystalles, in dessen Ebene die Pole des regelmäßigen Bündels enthalten sind, mit dem Meridiane einen Winkel von 45° mache.

Wenn dies regelmäßige Bündel senkrecht auf den Spiegel fällt, so wird es reflectirt, ohne daß seine Polarisationsebene eine Abweichung erleidet. Diese Ebene bildete der Annahme nach anfangs einen Winkel von 45° mit dem Meridiane, und diese Neigung der beiden Ebenen besteht auch nach der Reflexion fort.

Wenn man sich allmälich von der senkrechten Incidenz entfernt, so wird man zunächst bemerken, daß die Polarisationsebene der reflectirten Strahlen sich nach und nach der Reflexionsebene nähert und mit ihr genau zusammenfällt, wenn man den Winkel der vollständigen Polarisation erreicht hat; daß darauf der reflectirte Strahl in einer Ebene polarisirt ist, die sich um so mehr von der Reflexionsebene entfernt, je kleiner der Winkel ist, den er mit der Oberfläche des Spiegels macht; und daß endlich, wenn der Strahl beinahe dieser Oberfläche parallel ist, seine Polarisationsebene mit der des einfallenden Lichtes zusammenfällt, wie wenn er den Spiegel senkrecht getroffen hätte.

Es sei i der Einfallswinkel, von der Normale aus gezählt, i′ der entsprechende Brechungswinkel für die Substanz, woraus der reflecti-

rende Spiegel besteht. Die Tangente des Winkels, den die Polarisationsebene des reflectirten Lichtes mit der Reflexionsebene macht, wird durch die Formel

$$\frac{\cos(i + i')}{\cos(i - i')}$$

ausgedrückt.

Wir wollen diese Formel zunächst in speciellen Fällen verificiren.

Wenn $i = 0$, so ist auch $i' = 0$, und $\frac{\cos(i+i')}{\cos(i-i')} = 1$; der Winkel aber, dessen Tangente $= 1$ ist, beträgt 45^0; bei senkrechtem Einfall muß also, wenn die Formel richtig ist, die Polarisationsebene des reflectirten Strahles mit der ursprünglichen Polarisationsebene des angewandten Lichtes zusammenfallen; was mit den Beobachtungen übereinstimmt.

$\frac{\cos(i+i')}{\cos(i-i')}$ wird wieder der [negativen] Einheit gleich und entspricht also einem Winkel von 45^0, wenn $i = 90^0$, d. h. wenn die Strahlen der Oberfläche des Spiegels parallel sind, weil dann $\cos(i + i') = -\sin i'$, $\cos(i - i') = +\sin i'$. Hieraus läßt sich folgern, daß das Licht die ursprüngliche Polarisationsrichtung wieder annimmt, wie uns der Versuch gelehrt hatte.

Wenn $i + i' = 90^0$, und also nach dem oben S. 263 angeführten Gesetze i der Winkel der vollständigen Polarisation ist, so hat man $\cos(i + i') = 0$, und folglich $\frac{\cos(i+i')}{\cos(i-i')}$ ebenfalls gleich Null. Die Polarisationsebene des reflectirten Strahles fällt also mit der Reflexionsebene zusammen; der Versuch hatte schon zu eben diesem Resultate geführt.

Die folgende Tabelle endlich wird darthun, daß auch bei den intermediären Incidenzen die Uebereinstimmung zwischen der Rechnung und der Beobachtung so genügend ist, als zu hoffen erlaubt war.

Von der Normale aus gerechnete Einfallswinkel.	Ablenkung der Polarisationsebene beobachtet.	berechnet.	Differenzen.
	Auf Glas.		
24°	38° 55′	37° 54′	+ 1° 1′
39	24 35	24 38	— 0 3
49	11 45	10 52	+ 0 53
56½	0 0	0 0	0 0
60	5 15	5 29	— 0 14
70	19 52	20 24	— 0 32
80	32 45	33 25	— 0 40
85	38 55	39 19	— 0 24
87	40 55	41 36	— 0 41
88	41 15	42 44	— 1 29
89	44 35	43 52	+ 0 43
	Auf Wasser.		
53°	0° 0′	0° 0′	0° 0′
60	10 20	10 51	— 0 31
70	25 20	24 48	— 0 32
80	36 20	35 49	+ 0 31
85	40 50	40 32	+ 0 18

Die Formel, deren Werthe wir so eben mit den von dem Versuche gelieferten Resultaten verglichen haben, setzt voraus, daß die ursprüngliche Polarisationsebene des angewandten Lichtes einen Winkel von 45° mit der Reflexionsebene macht; es genügt aber ein geringer Zusatz, um sie auf alle Fälle anwendbar zu machen. Es sei a der Winkel, der so eben den speciellen Werth von 45° hatte, d. h. der Winkel zwischen der Reflexionsebene und dem Hauptschnitte des Krystalls, während i und i′ die frühern Bezeichnungen behalten: so ist der allgemeine Ausdruck für die Tangente der Ablenkung, welche die Polarisationsebene des einfallenden Bündels durch die Reflexion auf einem Spiegel erleidet

$$\frac{\cos(i + i')}{\cos(i - i')} \operatorname{tg} a.$$

In den Hauptfällen stellt diese Formel, wie leicht zu sehen ist, die Thatsachen getreu dar; es bleibt jedoch nichtsdestoweniger ein

experimenteller Beweis, der eine große Zahl Werthe von a und i umfaßt, zu wünschen.

Wenn die Reflexion auf der zweiten Fläche der durchsichtigen Spiegel geschieht, so befolgen die Ablenkungen der Polarisationsebenen von der senkrechten Incidenz bis zu derjenigen, wo die totale Reflexion beginnt, denselben Gang. Jenseits der letzten Neigung nimmt aber die Erscheinung einen ganz andern Character an: es gibt dann nicht mehr eine bloße Aenderung in der Richtung der ursprünglichen Pole des Strahls; es erfährt derselbe, wofern nicht die Ebene, welche diese Pole enthält, zur Reflexionsebene parallel oder senkrecht steht, eine wirkliche Depolarisation, so daß ein Rhomboeder, durch welches man den Strahl hindurchgehen läßt, stets zwei Bilder gibt, welche Stellung es auch haben möge. Ebenso verhält es sich, wenn der reflectirende Spiegel aus Metall besteht. Wir werden bald von den eigenthümlichen und sehr merkwürdigen Modificationen reden, welche das Licht in diesen beiden speciellen Fällen annimmt.

Neuntes Kapitel.

Von den Interferenzphänomenen, insofern sie durch eine vorläufige Polarisation des Lichtes modificirt werden.

Seit langer Zeit weiß man, daß wenn man in einem dünnen Metallblättchen zwei sehr feine Oeffnungen in geringen Entfernungen von einander anbringt, und dieselben mittelst des von einem einzigen strahlenden Punkte ausgehenden Lichtes beleuchtet, sich hinter dem Blättchen farbige Streifen bilden, von der Wirkung herrührend, welche die durch die rechte Spalte zerstreuten Strahlen auf die durch die linke Spalte zerstreuten Strahlen an denjenigen Stellen, wo sich die beiden Bündel mischen, ausüben.

Eine umständliche Untersuchung hat zu folgenden sehr einfachen Gesetzen geführt:

Zwei Strahlen homogenen Lichtes, welche von einer und derselben Quelle ausgehen und auf zwei verschiedenen sehr wenig ungleichen Wegen zu einem gewissen Punkte im Raume gelangen, ver-

stärken oder zerstören sich und bilden auf dem sie auffangenden Schirme je nach dem Unterschiede ihrer Wege, eine helle oder dunkle Stelle.

Zwei Strahlen verstärken sich stets da, wo sie gleiche Wege zurückgelegt haben; findet man, daß sie sich von Neuem verstärken, wenn die Differenz der beiden Wege gleich einer gewissen Größe d ist, so werden sie sich wiederum für alle in der Reihe $2d$, $3d$, $4d$ u. s. w. enthaltenen Differenzen verstärken. Die Zwischenwerthe $0 + \frac{1}{2}d$, $d + \frac{1}{2}d$, $2d + \frac{1}{2}d$ u. s. w. zeigen diejenigen Fälle an, wo die Strahlen sich gegenseitig aufheben; die Größe von d variirt mit der Art der Strahlen und mit der Beschaffenheit der von ihnen durchlaufenen Mittel.

Wenn zwei Strahlen sich aufheben, nachdem sie beide z. B. in der Atmosphäre um die Größe d' verschiedene Wege zurückgelegt haben, so heben sie sich ebenfalls noch auf, nachdem man sie senkrecht oder unter derselben Schiefe durch zwei Platten von derselben Substanz und derselben Dicke hat gehen lassen.

Ein Unterschied in der Dicke oder der brechenden Kraft der beiden eingeschalteten Platten kann die Wirkung einer Ungleichheit in den durchlaufenen Wegen erzeugen; dieser Unterschied wird in gewissen Fällen eine bloße Verschiebung der Streifen, in andern dagegen ein völliges Verschwinden derselben hervorrufen.

Diese Gesetze beziehen sich auf natürliche Lichtstrahlen; wendet man polarisirtes Licht an, so erhält man Resultate, die unabhängig von den zahlreichen Anwendungen, deren sie fähig sind, durch ihre Seltsamkeit die Aufmerksamkeit der Beobachter zu fesseln verdienen.

Wir wollen zunächst annehmen, wir wenden zur Beleuchtung der beiden Spalten in dem Metallblättchen anstatt natürlicher Strahlen polarisirtes Licht an: so werden die Streifen sich ganz ebenso gut bilden, wie im ersten Falle.

Sodann wollen wir den Versuch so einrichten, daß das Licht, welches durch die eine Spalte geht, in einer gewissen, und das auf die benachbarte Spalte fallende in einer darauf senkrechten Richtung polarisirt wird. Zu diesem Zwecke stellen wir zwei Säulen aus Platten dergestalt auf, daß das von dem strahlenden Punkte zur ersten Spalte

gehende Licht nur durch die eine Säule hindurchdringt, und die andere Säule sich blos in der Bahn der Strahlen befindet, welche die zweite Spalte erleuchten sollen. Sind diese Säulen hinreichend geneigt, so polarisiren sie, wie wir gesehen haben, das durch sie hindurchgehende Licht vollständig. Wenn man ferner dafür Sorge trägt, daß die Ebenen, in welchen man sie neigt, auf einander senkrecht stehen, so werden die austretenden Bündel unter rechten Winkeln polarisirt sein.

Ist diese letzte Bedingung erfüllt, so bemerkt man keine Spur von Streifen hinter dem Blättchen.

Ich habe erwähnt, daß ein merklicher Unterschied in der Dicke der Mittel, durch welche die beiden Strahlen hindurchgehen, hinreicht, um die Wirkungen zu vernichten, die im Allgemeinen aus ihrer Interferenz hervorgehen. Der so eben beschriebene Versuch würde also ohne alle Bedeutung sein, wenn man nicht durch vorläufige Versuche die Gewißheit gewonnen hätte, daß die beiden Säulen, die ich aus Glas von gleicher Beschaffenheit gebildet annehme, auch genau dieselbe Dicke besitzen.

Das beste Mittel, dies zu prüfen, besteht offenbar darin, die Polarisationsebenen parallel zu stellen: wenn man dann in diesen Stellungen Streifen wahrnimmt, und darauf nach einer Vierteldrehung der einen Säule um die durch sie hindurchgehenden Strahlen keine Streifen mehr erblickt, so muß man offenbar dies Verschwinden ausschließlich der Richtung der Polarisation des durchgelassenen Strahls zuschreiben.

Der beschriebene Versuch würde sehr schwierig auszuführen sein, wenn die Säulen eine große Dicke hätten; man kann aber sehr dünne Säulen aus Glimmerblättchen oder vor der Lampe geblasenen Glasfragmenten bilden; schneidet man diese Säulen dann mitten durch, so erhält man Säulenpaare von vollständig gleicher Dicke. Uebrigens hindert Nichts, durch allmäliches Neigen der einen Säule die Wirkung eines geringen Dickenunterschiedes, falls ein solcher vorhanden ist, zu compensiren.

Es gibt ein noch bequemeres Beobachtungsverfahren. Man nimmt ein von parallelen Flächen begrenztes und parallel mit der Axe geschnittenes Turmalinblättchen und theilt es in zwei Hälften. Bringt

man nun vor jede der beiden Oeffnungen in dem Metallblättchen eine Hälfte, so findet man, daß sich Streifen bilden, wenn die Axen in den beiden Hälften einander parallel sind, daß aber keine Spur von denselben übrig bleibt, sobald dieselben senkrecht aufeinander stehen, und daß beim Uebergange von der ersten Lage zur zweiten ihre Intensität allmälich abnimmt.

Wir geben den beiden vor den parallelen Spalten angebrachten Säulen jene rechtwinklige Lage, wo alle Streifen verschwunden sind, und stellen vor das Auge des Beobachters eine dritte Säule, welche in einer Ebene geneigt ist, die mit den Ebenen, in welchen die beiden ersten geneigt sind, einen Winkel von 45° bildet. Diese letztere Säule wird die aus den beiden Spalten kommenden Strahlen, die vor ihrem Auffallen auf die dritte Säule rechtwinklig auf einander polarisirt waren, auf dieselbe Polarisationsrichtung zurückführen. Es scheint also, als ob von jetzt an kein Grund mehr vorliege, warum die Strahlen nicht interferiren sollten; und doch wird sich, mit wie großer Sorgfalt man auch den Versuch ausführen möge, keine Spur von Streifen entdecken lassen.

Ich brauche wohl nicht zu bemerken, daß man an Stelle der dritten Säule auch einen beliebigen Turmalin anwenden kann, gerade so wie wir zuvor die beiden ersten Säulen durch die beiden Hälften eines Turmalinblättchens mit parallelen Flächen ersetzt haben. Der Erfolg wird genau derselbe sein.

Um alle Combinationen zu erschöpfen, wollen wir noch den Metallschirm mit polarisirtem Lichte beleuchten; ferner durch zwei passend aufgestellte Säulen oder Turmaline die in demselben Sinne polarisirten Strahlen, welche durch die beiden Spalten gehen wollen, in Strahlen verwandeln, deren Polarisationsebenen aufeinander senkrecht stehen, und endlich diese Strahlen, bevor wir sie zur Interferenz gelangen lassen, wie in dem vorhergehenden Versuche, entweder mittelst einer Säule oder mittelst eines Turmalins auf dieselbe Polarisationsrichtung zurückführen: der Beobachter wird dann ohne Zweifel zu seinem großen Erstaunen finden, daß die Strahlen der Interferenz fähig sind, oder daß sie beim Vermischen eine sehr sichtbare Gruppe farbiger Streifen hervorrufen.

Die vorstehend berichtete Reihe von Versuchen führt zu folgenden Schlußfolgerungen:

1) Zwei Strahlenbündel, die man aus dem Zustande des natürlichen Lichtes in den Zustand der in demselben Sinne polarisirten Strahlen übergehen läßt, behalten, nachdem sie diese letztere Modification angenommen haben, die Fähigkeit zu interferiren.

2) Zwei Strahlenbündel, die man aus dem Zustande des natürlichen Lichtes in den Zustand aufeinander rechtwinklig polarisirter Strahlen übergehen läßt, sind der Interferenz nicht mehr fähig, weder so lange sie in diesem Zustande bleiben, noch auch nachdem man sie wieder auf dieselbe Polarisationsrichtung zurückgeführt hat.

3) Zwei in entgegengesetztem Sinne polarisirte Strahlenbündel geben keine Interferenzerscheinungen, welche Modificationen sie auch von ihrem Uebergange aus dem Zustande des natürlichen Lichtes an bis zu ihrem Eintritt in jene Zustände erlitten haben mögen; werden sie später auf eine gleiche Polarisationsrichtung zurückgeführt, so erlangen sie die Fähigkeit zu interferiren wieder, falls beim Uebergange aus dem natürlichen Zustande in den polarisirten die ersten Polarisationsebenen der beiden Strahlenbündel einander parallel gewesen sind.

Sonach hängt bei diesen Erscheinungen die Wirkungsweise der Strahlen nicht nur von dem ab, was sie bei ihrem Zusammentreffen sind, sondern auch von dem, was sie waren.

Zehntes Kapitel.

Von der Polarisationsart, die sich durch Farbenerscheinungen kund gibt, und deßhalb farbige Polarisation genannt worden ist.

Zunächst wollen wir prüfen, worin diese neue Modification des Lichtes besteht, und sodann die verschiedenen Mittel zu ihrer Erzeugung aufsuchen.

Durch irgend eine der im Vorhergehenden beschriebenen Methoden polarisiren wir einen Strahl directen Lichtes, und lassen denselben dann durch eine Bergkrystallplatte mit parallelen Flächen, die senkrecht

gegen die Kanten des sechsseitigen Prismas geschnitten ist, hindurchgehen. Die Platte möge eine Dicke von ungefähr 6^{mm} haben und der polarisirte Strahl ihre beiden Flächen senkrecht treffen. Wie diese Platte auch in ihrer Ebene gedreht werden möge, stets wird der aus ihr austretende Strahl nicht mehr die Eigenschaften des gewöhnlichen polarisirten Lichtes besitzen, aber auch die Eigenschaften des directen Lichtes nicht wieder gewonnen haben. Um dies zu beweisen, unterwerfen wir diesen Strahl der Wirkung eines Kalkspathrhomboeders. Ein polarisirter Strahl würde beim Durchgange durch den Krystall in zwei besondern Lagen des Hauptschnittes, die ich bereits oben (Kap. 4, S. 257) namhaft gemacht habe, nur ein einziges Bild geben. Der aus der Platte austretende Strahl theilt sich nun aber stets in zwei Bündel; dieser Strahl ist also kein gewöhnliches polarisirtes Licht.

Ich füge weiter hinzu, daß er ebensowenig natürliches Licht ist. Ein weißes Bündel dieses letztern Lichtes theilt sich nämlich in einem doppeltbrechenden Krystalle stets in zwei weiße Strahlen von gleicher Intensität; das weiße aus der Quarzplatte austretende Bündel gibt allerdings auch stets zwei Bilder, sie glänzen aber mit den lebhaftesten Farben. Wenn das regelmäßige Bild roth ist, erscheint das unregelmäßige grün; wenn das regelmäßige Bild grün wird, nimmt das unregelmäßige eine rothe Farbe an. Ebenso verhält es sich mit allen übrigen prismatischen Farben: stets ist die Farbe des regelmäßigen Bildes die complementäre von der Färbung des unregelmäßigen, und beide ändern sich mit der Lage des Hauptschnittes des Rhomboeders, das die Spaltung des Lichtes bewirkt.

Das Rochon'sche Prismenfernrohr ist ein für diese Versuche geeigneter Apparat, und verdient meiner Ansicht nach hier aufgeführt zu werden: erstens weil man bei seiner Anwendung sehr lebhafte Farben erhält; zweitens weil es ein Mittel gewährt sich zu versichern, daß die Bilder, nach denen man visirt, durch die Einschaltung der Platte Nichts an ihrer Schärfe verlieren, und letztere also nicht auf die Weise wirkt, daß sie die Farben unregelmäßig zerstreut; und drittens endlich weil sich durch dasselbe mit Leichtigkeit der Beweis führen läßt, daß die Farben der beiden Bündel complementär sind.

Dies Instrument ist nichts weiter als ein gewöhnliches Fernrohr, in welchem sich zwischen Objectiv und Ocular ein achromatisirtes Bergkrystall- oder Kalkspathprisma befindet. Da das Prisma sich nach Belieben längs der Axe des Fernrohres verschieben läßt, so kann der Beobachter die beiden Bilder des Objects, nach welchem er visirt, mehr oder weniger von einander trennen.

Man stelle vor das Objectiv dieses Fernrohres die zuvor erwähnte Quarzplatte, und bringe ferner an dem Oculare noch ein grünliches Glas von der besondern Beschaffenheit an, wie es die Astronomen wegen seiner Eigenschaft, das Licht stark zu absorbiren ohne jedoch das durchgelassene Bündel merklich zu färben, häufig benutzen.

Wenn man nun mit diesem Instrumente die Sonne direct beobachtet, so sieht man zwei Bilder des Gestirns, die beide weiß und von gleicher Intensität sind; woraus folgt, daß die Quarzplatte dem natürlichen Lichte keine besondere Eigenschaft ertheilt. Wenn man dagegen nach dem von einem nicht belegten Glasspiegel reflectirten Bilde visirt, so erblickt man auch noch zwei Sonnen; dieselben sind aber gefärbt, und jede derselben durchläuft während einer halben Umdrehung des Fernrohrs um seine Axe fast die ganze Reihe der prismatischen Farben. So geht die rothe Sonne allmälich in orange, gelb, gelblichgrün, bläulichgrün und violett über; an diesem Punkte hat das Fernrohr eine halbe Umdrehung gemacht. Fährt man mit der Drehung in demselben Sinne fort, so geht das violette Bild erst in Roth, dann in Orange u. s. w. über. Die zweite Sonne zeigt stets die complementäre Farbe; denn wenn man die beiden Bilder, anstatt sie ganz zu trennen, zum Theil über einander fallen läßt, so bleibt der beiden Scheiben gemeinschaftliche Theil stets weiß, während die darüber hinausragenden Segmente in den lebhaftesten Farben glänzen.

Die Reflexion auf durchsichtigen Spiegeln ist ebenfalls geeignet, die unterscheidenden Eigenschaften der Lichtart, welche die Quarzplatte durchläßt, sichtbar zu machen.

Wenn man einen Glasspiegel um ein Bündel natürlichen Lichtes, das mit seiner Oberfläche einen Winkel von ungefähr $35\frac{1}{2}°$ macht, dreht, so wird sich das reflectirte Bündel successive gegen alle Punkte des Horizontes richten, aber stets dieselbe Intensität behalten.

Ist dagegen das einfallende Licht polarisirt, so wird man zwei diametral entgegengesetzte Lagen des Spiegels finden, in denen er nicht ein einziges Lichtmolecül reflectirt.

Wiederholt man endlich denselben Versuch mit dem aus der Bergkrystallplatte austretenden Lichte, so wird man sehen, daß es, obgleich es weiß auf die Oberfläche des Spiegels auffällt, farbig reflectirt wird, und daß die Beschaffenheit der Farbe von der Seite abhängt, auf welcher die reflectirende Ebene dem Strahle entgegentritt. Ich setze hinzu, daß diese reflectirten Farben während der Umdrehung des Spiegels in derselben Ordnung auf einander folgen, wie im Sonnenspectrum; daß man sie ebenfalls in dem durchgelassenen Bündel beobachtet, daß diese letztern aber in allen Lagen den reflectirten Farben complementär sind.

Wenn, wie die Anhänger des Emissionssystems voraussetzen, die Eigenschaften der polarisirten Lichtstrahlen von eigenthümlichen Anordnungen abhängen, welche die sie bildenden Molecüle annehmen, so ist es leicht die innere Zusammensetzung eines gewöhnlichen polarisirten Strahles und eben dieses Strahles bei seinem Austritte aus einer Bergkrystallplatte anzugeben. In dem ersten Strahle müssen nämlich die Axen aller Molecüle, welches auch ihre Farben sein mögen, parallel sein, während dagegen in dem zweiten die verschiedenfarbigen Molecüle ihre Pole nach verschiedenen Seiten des Raumes gerichtet haben.

Wir müssen jetzt prüfen, nach welchem Gesetze die Ablenkung dieser Pole erfolgt, sowohl in Betreff der eigenthümlichen Farbe jedes Lichtmolecüls, als auch infolge der mehr oder minder beträchtlichen Krystalldicken, welche die Molecüle zu durchdringen haben. Wendet man polarisirtes homogenes Licht an, so erkennt man leicht, daß wenn eine Quarzplatte die Pole eines gewissen Strahles um 20° aus ihrer ursprünglichen Richtung ablenkt, eine doppelt so dicke aus demselben Krystalle geschnittene Platte eine doppelte Ablenkung oder eine Ablenkung von 40°, eine dreimal so dicke Platte eine dreifache oder eine Ablenkung von 60° erzeugt, u. s. f.

Was die einfachen Strahlen von verschiedenen Farben betrifft, so erleiden sie beim Durchgehen durch eine Platte um so stärkere Ab-

lenkungen, je brechbarer sie sind, und zwar im umgekehrten Verhältnisse der Zahlen, welche Newton die Längen der Anwandlungen nennt, oder was auf dasselbe herauskommt, im umgekehrten Verhältnisse der Größen, die wir weiter oben mit dem Buchstaben d bezeichnet haben.

Kennt man also die Ablenkung für eine Platte, so kann man mittelst einer einfachen Proportion diejenige finden, welche eine andere dickere oder dünnere Platte von derselben Beschaffenheit erzeugen würde.

Ich lasse hier die Tabelle der Ablenkungen folgen, welche die Polarisationsebenen verschiedener einfacher Strahlen beim Durchgange durch eine senkrecht auf die Are der Säule geschnittene Bergkrystallplatte von 1^{mm} Dicke erfahren:

Aeußerstes Roth	17, 50°
Grenze von Roth und Orange	20, 48
„ Orange und Gelb	22, 31
„ Gelb und Grün	25, 68
„ Grün und Blau	30, 05
„ Blau und Indigo	34, 57
„ Indigo und Violett	37, 68
„ des äußersten Violett	44, 08

Es ist kein Grund vorhanden anzunehmen, daß die Winkelablenkungen andere Werthe erhalten sollten, wenn alle Molecüle gleichzeitig durch den Krystall hindurchgehen. In dem weißen Bündel, das durch eine 1^{mm} dicke Bergkrystallplatte hindurchgegangen ist, werden folglich die Aren der rothen Elementarstrahlen einen Winkel von 3° mit den Aren der ersten orangefarbenen, ungefähr einen Winkel von 5° mit den Aren der ersten gelben Strahlen u. s. w. und endlich einen Winkel von 26° 5′ mit den Aren der äußersten violetten Strahlen machen. Analysirt man dies weiße Bündel mit einem Kalkspathrhomboeder so werden sich die verschiedenfarbigen Strahlen, aus denen es besteht, nicht in denselben Verhältnissen zwischen den beiden Bildern theilen, was nothwendig eine Färbung nach sich zieht. Man sieht z. B., daß wenn man das Rhomboeder so stellt, daß sein Hauptschnitt die Pole des rothen Strahles enthält, dieser Strahl

ganz und gar in das regelmäßige Bündel übergehen, und dagegen im unregelmäßigen Bilde die rothe Farbe vollständig fehlen wird. Man wird sich einen richtigen Begriff von der Modification, welche eine Quarzplatte einem weißen polarisirten Lichtstrahle einprägt, machen, wenn man sich vorstellt, daß man in ein Bündel vereinigt: die rothen Molecüle, welche auf einem gewissen durchsichtigen Spiegel durch Reflexion polarisirt sind; ferner die orangefarbenen Molecüle, welche ein zweiter Spiegel polarisirt hat, der mit dem ersten einen gewissen Winkel bildet; sodann die gelben Molecüle, welche durch einen dritten von den beiden vorhergehenden verschiedenen Spiegel ihre Polarisation empfangen haben, u. s. f. Die innige Mischung aller dieser Arten von Molecülen in jedem weißen Lichtfaden und einige andere Hindernisse würden die Realisirung dieser Fiction nur mittelst sehr complicirter Apparate gestatten. Eine einfache Quarzplatte genügt dagegen, um den verschiedenen Bestandtheilen des weißen Strahles diese individuellen nach verschiedenen Azimuten gerichteten Polarisationen zu ertheilen.

Die vorstehend beschriebenen Erscheinungen werden, wie ich gesagt habe, durch Quarzplatten mit parallelen Flächen, die senkrecht gegen die Are der sechsseitigen Säule geschnitten sind, hervorgebracht. In einer auf diese Flächen senkrechten Richtung besitzt der Quarz keine Doppelbrechung; die Kräfte, welche in vorliegendem Falle die Polarisationsebenen der Lichtmolecüle ablenken, unterscheiden sich also von den Kräften, denen man in der Richtung anderer Schnitte des Krystalles die Spaltung der Strahlen zuzuschreiben hat. Auch hat man die Eigenschaften der in Rede stehenden Platten in Körpern ohne regelmäßige Krystallisation, wie im Flintglase, und selbst in vollkommen flüssigen Substanzen, wie in dem Terpentinöl, dem Citronenöl, oder den Auflösungen des Kampfers in Alkohol, im Zuckersyrup u. s. w. gefunden. Es tritt bei diesen Substanzen nur ein Unterschied in dem absoluten Werthe der Dicken ein, welche dieselben Farben erzeugen*); alle andern Gesetze bleiben dieselben.

*) Eine Terpentinölschicht erzeugt dieselbe Wirkung wie eine Bergkrystallplatte, wenn sie 60mal dicker ist als diese. Die Wirkung des Citronenöls verhält sich zu der des Terpentinöls wie 17: 10.

Wir haben gesehen, daß die Quarzplatte von 1mm Dicke die Pole der rothen Molecüle um 17,5° dreht. Gesetzt diese Drehung sei in der Richtung von der Rechten zur Linken erfolgt: jede andere Platte von beliebiger Dicke, die aus derselben sechsseitigen Säule geschnitten ist, welche die erste geliefert hat, wird die Pole in demselben Sinne ablenken, d. h. von rechts nach links; was dagegen Platten aus anderen Prismen betrifft, so können sie die Pole auch gerade entgegengesetzt von links nach rechts ablenken.

Dies Phänomen muß auf den ersten Blick sehr sonderbar erscheinen; wenn man aber erwägt, daß die Strahlen durch die Platten in einer Richtung hindurchgehen, wo jede Kraft von Doppelbrechung verschwunden ist, so wird man einsehen, daß eine bei allen Krystallindividuen stets nach derselben Seite erfolgende Ablenkung der Pole nicht minder auffallend sein würde. Man hat bis jetzt keine äußern Merkmale entdeckt, welche vorhersehen lassen könnten, in welchem Sinne die aus einem gegebenen Krystalle geschnittenen Platten die Pole ablenken werden, außer in einem sehr merkwürdigen Falle. An einigen Varietäten von Quarz werden die Ecken an den Pyramidenflächen, welche auf das sechsseitige Prisma aufgesetzt sind, durch ebenso viele schief gegen die Kanten gerichtete Flächen abgestumpft. Die Richtung der Ablenkung nun, welche diese sogenannten plagiedrischen Krystalle den Polen der Lichtmolecüle einprägen, stimmt stets mit der Richtung der Schiefe jener kleinen Flächen überein.

Wenn man einen polarisirten Strahl hintereinander durch zwei entgegengesetzt drehende Platten hindurchgehen läßt, so ist die Endablenkung der Pole gleich der Differenz der Wirkungen, die jede Platte einzeln hervorgebracht haben würde. Ein solcher Strahl gibt genau dieselben Farben, als wenn er eine einzige Platte von einer der Differenz der beiden combinirten Platten gleichen Dicke durchlaufen hätte.

Wenn zwei solche combinirte Platten gleiche Dicke besitzen, so wird das hindurchgegangene Bündel, weil es erst in einer Richtung gedreht und dann in der entgegengesetzten um dieselbe Größe zurückgedreht worden ist, seine Polarisation nicht geändert zu haben scheinen.

Das Terpentinöl lenkt die Aren der Molecüle eines hindurch-

gehenden polarisirten Strahles von der Rechten zur Linken des Beobachters, welcher den Strahl empfängt, ab; das Citronenöl dreht sie von links nach rechts. Diese Flüssigkeiten verlieren Nichts von ihrer eigenthümlichen Wirkung, wenn man sie mischt, so daß wenn ihre relativen Mengen in der Mischung im umgekehrten Verhältnisse ihrer drehenden Kräfte stehen, ein durch dieselbe hindurchgegangener Strahl mit seiner ursprünglichen Polarisation heraustritt.

Elftes Kapitel.

Ueber die Depolarisationsphänomene und die von krystallisirten Blättchen erzeugten Farben.

Wir wollen jetzt untersuchen, wie ein weißer in einer einzigen Richtung polarisirter Strahl bei seinem Durchgange durch ein doppelt brechendes Krystallblättchen modificirt wird.

Zu diesem Zwecke stellen wir den Hauptschnitt eines Kalkspathrhomboeders in die Polarisationsebene eines weißen Strahles; dieser Strahl wird ganz und gar die regelmäßige Brechung erfahren. Sodann setzen wir das Blättchen so vor das Rhomboeder, daß die Strahlen es senkrecht durchdringen. Liegt der Hauptschnitt dieses Blättchens mit dem des Rhomboeders parallel, oder steht er auf dem letztern senkrecht, so wird man nur ein weißes Bild wahrnehmen; in jeder andern Lage des Blättchens wird aber das Rhomboeder zwei complementär gefärbte Bündel liefern.

Die Drehung des Blättchens in seiner eigenen Ebene ändert die Art der Farben nicht; nur erscheinen sie um so lebhafter, je mehr der Winkel zwischen den erwähnten Hauptschnitten sich 45° nähert.

Diese Farben ändern sich mit der Dicke des Blättchens in der Weise, daß sie, wenn diese Dicke hinreichend groß wird, in ein vollkommenes Weiß übergehen. Beim Gyps beträgt die Dicke, bei welcher die Farbenerscheinungen aufhören, ungefähr ein halbes Millimeter.

Es sei O die Farbe des regelmäßigen und E die Farbe des un-

regelmäßigen Bündels. Der Verſuch zeigt, daß die Farbe E faſt die eines der reflectirten Ringe iſt, die zwiſchen zwei aufeinander gelegten Glaslinſen, wie bei den berühmten Newton'ſchen Verſuchen, gebildet werden, und daß die Farbe O der des entſprechenden durchgelaſſenen Ringes gleicht. Jedoch gilt dieſe Regel nicht allgemein; in vielen Kryſtallen ſind die Farben E in keiner Weiſe denen der Ringe ähnlich.

Wenn die vorhergehende Regel ſich beſtätigt, ſo ſind die ſucceſſiven Dicken eines und deſſelben Kryſtalles, wobei ſich die verſchiedenen Farben E bilden, denjenigen proportional, die Newton für die nicht kryſtalliniſchen Subſtanzen gegeben hat. Nur findet man, daß bei gleicher Dichtigkeit die abſoluten Werthe dieſer Dicken die in den Newton'ſchen Tafeln angegebenen Dicken bei weitem übertreffen.

Zwiſchen der Farbe E, der Dicke des Blättchens und den Conſtanten ſeiner Doppelbrechung exiſtirt eine andere merkwürdige Beziehung, die nicht unerwähnt bleiben darf.

Der Strahl E erſcheint nur, wenn der Hauptſchnitt des Blättchens weder parallel noch ſenkrecht zur urſprünglichen Polariſationsebene des Strahles iſt, der durch daſſelbe hindurchgeht. Wenn wir dieſem Blättchen blos die gewöhnlichen Eigenſchaften der Doppelbrechung beilegen, ſo wird der Strahl ſich darin im Allgemeinen in zwei Bündel ſpalten, von denen das eine die regelmäßige und das andere die unregelmäßige Brechung erleidet. Zwei Bündel von gleichem Urſprunge, welche ſich kreuzen, nachdem ſie ungleiche Wege zurückgelegt haben, geben Interferenzerſcheinungen. Für eine gewiſſe Ungleichheit dieſer Wege werden die rothen Strahlen ſich aufheben; für eine andere die gelben, grünen, blauen u. ſ. w. Beſtimmt man nun nach dieſen Prinzipien die aus der Interferenz der verſchiedenen Strahlen reſultirende Farbe, indem man dabei die Dicke des Blättchens und die Stärke ſeiner Doppelbrechung in Betracht zieht, ſo wird man zwiſchen der Rechnung und der Beobachtung ſtets eine ſehr genügende Uebereinſtimmung finden.

Die eigenthümliche Art von Ablenkung, welche die dünnen Blättchen ſcheinbar in den Polen der verſchiedenfarbigen Molecüle, aus denen ein weißer Lichtſtrahl beſteht, hervorbringen, war ſehr ſchwer

zu entdecken. Nichts beweist dies besser, als die fast allgemeine Zustimmung, mit welcher die Physiker die Gesetze, auf welche sich die Theorie der sogenannten beweglichen Polarisation stützt, aufgenommen haben. Ich würde hier den Zweck, den ich im Auge habe, nicht erreichen, wenn ich mich mit der Erläuterung der wahren Principien dieser Phänomene begnügen wollte. Die Kritik einer falschen Theorie bildet einen wesentlichen Theil meiner Aufgabe, besonders wenn diese Theorie durch den Schein blendet, und trotz der dagegen erhobenen, meines Erachtens entscheidenden Einwürfe doch noch mit Zuversicht in den neuesten Werken aufgestellt wird.

Folgendes ist das Fundamentaltheorem der beweglichen Polarisation:

„Wenn ein Strahl einfachen Lichtes, der nach einer Richtung polarisirt ist, senkrecht durch ein krystallisirtes, mit der Axe der Doppelbrechung paralleles Blättchen hindurchgeht, so dringen die Lichtmolecüle zuerst bis auf eine gewisse Tiefe ein, ohne ihre ursprüngliche Polarisation zu verlieren. Bei ihrem weiteren Vordringen aber beginnen sie periodisch um sich selbst zu oscilliren, dergestalt, daß ihre Polarisationsaxe abwechselnd auf die eine oder andere Seite des Hauptschnittes des Krystalls oder der auf ihm senkrechten Linie in gleichen Amplituden, wie ein Pendel um die Verticale, aus der man es entfernt hat, schwingt. Jede dieser Oscillationen erfolgt in einer Dicke $2e$, der doppelten von derjenigen, welche das Molecül anfangs durchlaufen hatte, bevor es in Oscillationen gerieth. . . . . So verhalten sich von der Dicke 0 bis zu einer gewissen fundamentalen Dicke e die homogenen Molecüle, welche es bilden, nach ihrem Austritte gerade so, als ob sie ihre ursprüngliche Polarisation nicht verlassen hätten. Von e bis $2e$ verhalten sie sich so, als ob sie dieselbe verlassen hätten, um eine neue Polarisation in dem Azimut $2i$ anzunehmen, wenn i den Winkel bezeichnet, welchen der Hauptschnitt der Platte mit der ursprünglichen Polarisationsebene bildet; und endlich scheinen sie abwechselnd in dem ursprünglichen Azimute oder im Azimute $2i$ polarisirt."

So oft das Licht, welches aus einem einarigen dünnen oder dicken Krystalle austritt, aus zwei getrennten Bündeln besteht, erkennt

man, daß dieſe beiden Bündel rechtwinklich zu einander polariſirt ſind, mag das einfallende Bündel natürliches oder polariſirtes Licht geweſen ſein; keine einzige Ausnahme hat bis jetzt dieſer Regel widerſprochen. Es iſt ſchwierig zu errathen, wie nach dem Syſteme, deſſen Principien ich ſo eben angeführt habe, ſich der Uebergang der beweglichen Polariſation zu der Polariſation in zwei rechtwinklichen Richtungen, die man im Gegenſatz dazu die feſte Polariſation genannt hat, bilden ſoll.

Ich komme jetzt zu einem directern Einwande: Man ſtelle ein Gypsblättchen ſo, daß ſein Hauptſchnitt einen Winkel von 45° mit der urſprünglichen Polariſationsebene des homogenen Lichtes, welches hindurchgehen ſoll, bildet. Da dann 2i gleich 90° iſt, ſo würde den vorhergehenden Principien zufolge das durchgelaſſene Bündel entweder in der urſprünglichen oder in der darauf ſenkrechten Ebene polariſirt ſein müſſen. Wenn man alſo das Licht mit einem Kalkſpathrhomboeder analyſirte, ſo müßte es in zwei Lagen des Hauptſchnittes nur ein Bild geben. Doch Nichts weniger als dies, das Bündel wird, wenn das Blättchen eine paſſende Dicke hat, ſich conſtant im Rhomboeder in zwei Bilder von gleicher Intenſität theilen, welches auch die Richtung des Hauptſchnittes des Kryſtalls ſein möge.

Wenn zwei aus gleicher Quelle ſtammende und mit gleicher Geſchwindigkeit begabte Lichtbündel ſich unter einem ſehr ſpitzen Winkel kreuzen, nachdem ſie auf verſchiedenen Wegen nur wenig ungleiche Längen durchlaufen haben, ſo können ſie ſich, wie ich bereits ausgeſprochen, vollſtändig aufheben. Dieſes Aufheben würde gleichfalls für zwei Bündel, welche denſelben Weg verfolgen, eintreten können, wenn ſie ungleiche Geſchwindigkeiten hätten. Es ſei d der Wegunterſchied, der im erſten Falle die periodiſche Wiederkehr der Punkte im Raume beſtimmt, wo zwei Strahlen eines gewiſſen homogenen Lichtes durch ihre Interferenz eine vollſtändige Dunkelheit erzeugen; ſo wird derſelbe Buchſtabe d im zweiten Falle die Größe darſtellen, um welche der eine der Strahlen infolge ſeiner größern Geſchwindigkeit dem andern vorangeeilt ſein muß, wenn ebenfalls eine Aufhebung ſtatt finden ſoll.

Wenn in einem kryſtalliſirten Blättchen der Unterſchied der von dem regelmäßigen und dem unregelmäßigen Strahle jener Lichtart

durchlaufenen Wege oder die Wirkung des Geschwindigkeitsunterschie-
des 0, nd oder $(n+1/2)d$ ist, wo n eine ganze Zahl bezeichnet, so
wird ein vorläufig polarisirtes Bündel nach dem Durchgange durch
dieses Blättchen entweder vollständig in der ursprünglichen Ebene oder
in dem Azimute 2i polarisirt erscheinen, wie es die Principien der be-
weglichen Polarisation angeben.

Besitzt dagegen das Blättchen eine solche Dicke, daß der Unter-
schied der von dem regelmäßigen und dem unregelmäßigen Strahle
durchlaufenen Wege in der allgemeinen Formel $(n+1/4)d$, wo n
wieder eine ganze Zahl bedeutet, enthalten ist, so wird das durchge-
lassene Licht in gewöhnliches Licht verwandelt erscheinen, wenn der
Hauptschnitt des Blättchens einen Winkel von 45° mit der ursprüng-
lichen Polarisationsebene des einfallenden Bündels macht. Dies
stimmt aber, wie man sieht, durchaus nicht mit den Principien der be-
weglichen Polarisation überein.

In dem Falle endlich, wo die Dicke des angewandten Blättchens
in keiner der vorhergehenden Formeln enthalten ist, treten die vollstän-
dig polarisirten Strahlen, welche durch dasselbe hindurchgehen, mit den
Kennzeichen einer partiellen Polarisation aus. Dies Resultat steht
nicht weniger als die vorhergehenden mit den Gesetzen der beweg-
lichen Polarisation im Widerspruch, weil nach diesen Gesetzen der ein-
fallende polarisirte Strahl stets vollständig polarisirt mit einer bloßen
Aenderung des Azimuts seiner Pole austreten sollte.

Ich habe so eben gezeigt, daß es im Allgemeinen nicht wahr ist,
daß ein polarisirtes homogenes Lichtbündel bei seinem Durchgange
durch krystallisirte dünne Blättchen entweder vollständig seine ursprüng-
liche Polarisationsebene behält oder seine Pole in das Azimut 2i
richtet. Damit stürzt aber das ganze Gerüst der den Lichtmolecülen
ertheilten oscillatorischen Bewegungen zusammen. Was den von mir
oben gegen die Theorie der beweglichen Polarisation erhobenen Ein-
wand rücksichtlich der Beziehung, welche zwischen den Erscheinungen
dünner Blättchen und den Vorgängen in dicken Krystallen stattfinden
muß, betrifft, so scheint er noch in seiner ganzen Kraft zu bestehen,
weil auch wir selbst nicht gefunden haben, daß die Strahlen der dünnen
Blättchen in zwei rechtwinkligen Richtungen polarisirt sind.

Nehmen wir indeß für den Augenblick an, daß dem so sei, und daß ein Lichtbündel beim Durchgange durch ein dünnes Gypsblättchen sich in zwei Strahlen theile, in einen gewöhnlichen und in einen ungewöhnlichen, die unter rechten Winkeln polarisirt sind, und sehen dann, was daraus folgen muß. Streng genommen verfolgen diese beiden Strahlen im Krystall im Allgemeinen verschiedene Wege; es ist aber nicht möglich sie physisch zu trennen, weil die Unvollkommenheit unserer Organe uns nöthigt, nach Objecten von einer gewissen Breite zu visiren. Die Anhänger der beweglichen Polarisation untersuchen nun das austretende Licht seiner ganzen Masse nach; in gewissen Fällen finden sie, daß es seine ursprüngliche Polarisationsebene behalten zu haben scheint, während es in andern im Azimut 2i polarisirt ist, und schließen daraus, daß die dünnen Blättchen ganz anders wirken als ein dicker Krystall.

Dieser Schluß kann indeß bestritten werden. Wenn man einen dicken Krystall anwendet, so werden das gewöhnliche und das ungewöhnliche Bild getrennt, man untersucht die Eigenschaften eines jeden gesondert; im Falle des dünnen Blättchens dagegen operirt der Beobachter mit dem compleren gemischten Lichte. Wer würde nun, ohne den Versuch gemacht zu haben, behaupten dürfen, daß zwei in Wirklichkeit rechtwinklig polarisirte Strahlen in Interferenzfällen ihre ursprüngliche Polarisation durchaus nicht verloren zu haben scheinen, und nicht eine intermediäre *resultirende* Polarisation, von welcher die andern gleichsam die *Componenten* sein würden, hervorrufen können.

Der Leser hat jetzt selbst errathen, daß wir zur Aufklärung dieser geheimnißvollen Vorgänge zu beweisen haben: 1) daß sich in den dünnen Blättchen, ebenso wie in den dicken Krystallen, zwei rechtwinklig polarisirte Bündel bilden; und 2) daß diese Bündel, wenn sie gemengt sind, den Schein einer intermediären Polarisation zwischen den Polarisationen eines jeden von ihnen darbieten können. Dies ist in der That der Gegenstand der sehr feinen Versuche, die ich jetzt anführen werde.

Nachdem wir ein Bündel homogenen Sonnenlichtes durch eine in dem Laden eines dunkeln Zimmers befestigte Linse von kurzer Brenn-

weite in einem engen Raume vereinigt haben, lassen wir das divergirende Strahlenbündel auf zwei schwach gegen einander geneigte Glasspiegel fallen. Nehmen wir an, daß der Einfallswinkel ungefähr 35° beträgt, so würden die von jedem der beiden Spiegel zurückgeworfenen Strahlen vollständig polarisirt sein und beim Durchkreuzen im Raume durch ihre Interferenz helle und dunkle Streifen bilden. Diese Streifen sind für alle Lagen der reflectirenden Spiegel in demselben Azimut polarisirt, wie die beiden zu ihrer Erzeugung beitragenden Bündel.

Nehmen wir jetzt ein dünnes, sehr durchsichtiges Gypsblättchen und schneiden es, um zwei Blättchen von derselben Dicke zu erhalten, mitten durch; befestigen wir die eine Hälfte dieses Blättchens vor den Spiegeln, in der Weise, daß nur das auf der Oberfläche des ersten Spiegels reflectirte Bündel durch sie hindurchgeht, drehen sie ferner noch so, daß ihr Hauptschnitt einen Winkel von 45° mit der ursprünglichen Polarisationsebene macht, und stellen dann die andere Hälfte des Blättchens in die Bahn der vom zweiten Spiegel reflectirten polarisirten Strahlen, jedoch in der Weise, daß ihr Hauptschnitt auf dem der ersten Hälfte senkrecht steht, und also ebenso wie dieser einen Winkel von 45° mit der ursprünglichen Polarisationsebene bildet.

Wenn diese Blättchen wie dicke Krystalle wirken, so müssen sie beide, wie gering auch ihre Doppelbrechung sein möge, die durch sie hindurchgehenden reflectirten Strahlen in zwei rechtwinklig auf einander polarisirte Bündel von gleicher Intensität spalten. Nur in den besonderen Lagen, in die wir sie gebracht haben, trifft es sich augenscheinlich, daß z. B. die Polarisationsebene des aus dem rechten Blättchen kommenden regelmäßigen Bündels der Polarisationsebene des unregelmäßigen Bündels des linken Blättchens parallel ist; das regelmäßige aus diesem letzteren Blättchen kommende Bündel und das unregelmäßige Bündel des entgegengesetzten Blättchens werden ebenfalls in gleichem Sinne polarisirt sein.

Hiernach ist leicht vorherzusehen, was in den Punkten, wo die beiden Bündel sich kreuzen, eintreten muß. Zuerst können die aus dem rechten Blättchen kommenden regelmäßigen Strahlen mit den vom linken Blättchen gelieferten unregelmäßigen interferiren, weil beide in demselben Sinne polarisirt sind, und werden ein erstes System von

hellen und dunkeln Streifen bilden. Ein zweites Syſtem entſteht durch die Wirkung der unregelmäßigen rechten Strahlen auf die regelmäßigen Strahlen des linken Blättchens. Dieſe beiden Syſteme von Streifen werden um ſo weiter von einander abſtehen, je dicker die Blättchen und je ſtärker die Doppelbrechung der Subſtanz iſt, woraus ſie beſtehen. In dem zwiſchenliegenden Raume finden ſich die von den beiden Blättchen gelieferten gleichnamigen Strahlen; da ſie aber hier im entgegengeſetzten Sinne polariſirt ſind, ſo durchkreuzen ſie ſich ohne irgend ein Interferenzphänomen zu erzeugen und das Auge erblickt nur eine gleichförmige Helligkeit.

Nicht weniger evident, als die Exiſtenz zweier Syſteme von Streifen, iſt die Thatſache, daß bei Anwendung von Gyps dieſe beiden Syſteme vollſtändig in einer auf dem Hauptſchnitte des nächſten Blättchens ſenkrecht ſtehenden Ebene polariſirt ſind.

Unter dieſen Folgerungen aus der Hypotheſe, von der wir ausgegangen ſind, daß nämlich jedes Blättchen das hindurchgehende polariſirte Licht in zwei unter rechten Winkeln polariſirte Strahlenbündel theilt, iſt nun aber keine, welche der Verſuch nicht vollſtändig beſtätigt. Die Wahrheit der Hypotheſe iſt ſomit bewieſen; denn jede andere Art von Trennung oder Polariſation der Strahlen, z. B. diejenige, welche ſich aus den Principien der beweglichen Polariſation ergibt, würde Phänomene hervorbringen, die von den eben beſchriebenen ganz verſchieden ſind.

Wer auch nur wenig das 9. Kapitel (S. 280 bis 284) ſtudirt hat, in welchem ich die Umſtände angeführt habe, unter denen polariſirte Strahlen wahrnehmbare Interferenzwirkungen geben, wird ſofort einſehen, daß die beiden Streifenſyſteme, welche den Gegenſtand der ſo eben angeſtellten Verſuche ausmachen, nur, wie ich angenommen, durch das Zuſammentreffen der regelmäßigen Strahlen der einen Platte mit den unregelmäßigen Strahlen der entgegengeſetzten Platte entſtehen können. Sollte man jedoch in dieſer Beziehung irgend einen Zweifel hegen, ſo würde ich ihn in folgender Weiſe heben:

Ich würde an die Stelle der beiden bisher gebrauchten dünnen Blättchen dicke Kryſtalle (z. B. zwei Kalkſpathrhomboeder), in welchen

die Doppelbrechung deutlich hervortritt, setzen. Da man in diesem Falle die Bahn eines jeden der beiden Strahlen getrennt verfolgen und abwechselnd mit einem Schirme aufhalten könnte, so ließe sich durch den Versuch selbst beweisen, daß es zur Bildung der einen der beiden Streifengruppen nöthig, aber auch hinreichend ist, daß das regelmäßige Bündel des einen Krystalles mit dem unregelmäßigen Bündel des anderen Krystalles zusammentreffe, und umgekehrt. Die mittelst eines Kalkspathrhomboeders bestimmte Polarisationsrichtung der Streifen würde übrigens genau dieselbe sein, wie in dem Falle, wo wir dünne Blättchen anwenden. Es würde zwischen diesen beiden Versuchen nur in Hinsicht auf die Entfernung der beiden Streifengruppen eine merkliche Verschiedenheit stattfinden. Da dieser Abstand von dem Unterschiede der von dem regelmäßigen und unregelmäßigen Strahle durchlaufenen Wege abhängt, so muß er bei den Krystallen viel größer sein, als bei den dünnen Blättchen. Es würde selbst, wenn die Krystalle sehr dick wären, der Fall eintreten können, daß man, um neue Streifen in das Gesichtsfeld zu führen, einen Theil der Wege- oder Geschwindigkeitsdifferenz durch Einschaltung eines Planglases in die von dem einen der Lichtbündel durchlaufene Bahn compensiren müßte; jedenfalls würden aber die Folgerungen aus der Beobachtung sich mit derselben Bestimmtheit darstellen. Wir wollen noch einen letzten Umstand hinzufügen, der für sich allein alle Bedenken zu heben vermag, die man über die wahre Ursache der Bildung der beiden Streifensysteme bei Anwendung dünner Blättchen hegen könnte: der Zwischenraum, welcher diese beiden Systeme trennt, ist dergestalt von der Doppelbrechung der Strahlen abhängig, daß man daraus stets einen genauen Zahlenwerth der Doppelbrechung herleiten kann, was leicht zu erkennen ist, indem man denselben nachher durch die gewöhnlichen Verfahren bei dicken Krystallen von gleicher Beschaffenheit mißt.

Wir wollen jetzt sehen, wie es möglich ist, den eben beschriebenen Versuch, aus welchem hervorgeht, daß jedes dicke oder dünne Blättchen das Licht in zwei rechtwinklig zu einander polarisirte Bündel theilt, mit jener scheinbar ganz entgegengesetzten Thatsache zu vereinigen, daß, wenn das Blättchen eine angemessene Dicke besitzt, das

ganze Bündel der durch daſſelbe hindurchgegangenen polariſirten Strahlen in der urſprünglichen Ebene oder in dem Azimut 2i polariſirt erſcheinen kann.

Man erzeugt in einem dunklen Zimmer einen ſehr kleinen ſtrahlenden Punkt homogenen Lichtes mittelſt einer Loupe, wie wir ſchon angegeben haben. Man fängt das von dieſem Punkte ausgehende divergirende Bündel auf einem Glasſpiegel auf, deſſen zweite Fläche mit einem ſchwarzen Firniß bedeckt iſt. Um von einer beſtimmten Vorſtellung auszugehen, wollen wir dieſem Spiegel eine verticale Stellung geben, und ferner annehmen, daß das divergirende Lichtbündel nahe horizontal ſei und die reflectirende Fläche unter einer wenig von dem Winkel der vollſtändigen Polariſation abweichenden Neigung treffe.

Nach Vollendung dieſer erſten Anordnungen ſtellt man in die Bahn der vom Spiegel reflectirten Strahlen ein Kalkſpathrhomboeder, deſſen Hauptſchnitt mit der Horizontalebene, mit welcher der Vorausſetzung zufolge die Reflexionsebene parallel iſt, einen Winkel von 45° macht. In dieſer Lage des Rhomboeders theilt ſich das Licht, welches durch daſſelbe hindurchgeht, in zwei Bündel, in ein regelmäßiges und in ein unregelmäßiges, die gleiche Intenſität beſitzen, aber unter rechten Winkeln polariſirt ſind. Nach ihrem Austritte aus dem erſten Rhomboeder treffen dieſe beiden Strahlen ein anderes von derſelben Dicke, deſſen Hauptſchnitt aber zu dem des erſten ſenkrecht ſteht. Der regelmäßige Strahl erleidet darin alſo die unregelmäßige Brechung, während das Bündel, welches bei dem Austritte aus dem erſten Kryſtalle das unregelmäßige war, beim Durchgange durch den zweiten ſich in das regelmäßige verwandelt. Dieſe beiden letzteren Bündel, das regelmäßige und das unregelmäßige werden, wenn ſie in die Luft übergehen, polariſirt ſein, das eine in der Ebene des Hauptſchnittes des zweiten Kryſtalls, das andere in der darauf ſenkrechten Ebene.

Verfolgen wir dieſe Bündel in Gedanken. Zuvörderſt iſt klar, daß ſie wegen der ihnen gemeinſchaftlichen Divergenz ſich in einer um ſo größern Ausdehnung durchkreuzen, je weiter man ſich von dem Rhomboeder entfernt. Da ihre Ausgangspunkte geſchieden und

merklich getrennt sind, so kann der Beobachter abwechselnd das regelmäßige oder das unregelmäßige Bündel mit einem Schirme aufhalten; er vermag also gewisse Punkte des Raumes beliebig bald mit dem einen, bald mit dem anderen Bündel allein, bald endlich mit allen beiden gleichzeitig zu beleuchten.

Nachdem wir bei diesem Punkte des feinen und ziemlich complicirten Versuchs, der uns beschäftigt, angelangt sind, stellen wir ein schwach matt geschliffenes Glas in einen Theil des beiden Bündeln gemeinschaftlichen Gesichtsfeldes, bezeichnen durch eine sehr feine in einem undurchsichtigen und auf diesem Glase angebrachten Blättchen befindliche Oeffnung genau den Ort, auf dem sich unsere Aufmerksamkeit richten soll und bedienen uns, wie gewöhnlich eines doppelt brechenden Krystalles, um die verschiedenen Lichtarten zu analysiren, die nach dem Durchgange durch die Spalte des Diaphragmas die Netzhaut des Auges erreichen.

Zunächst werden wir leicht erkennen, daß der gewöhnliche Strahl, wenn er allein in der Oeffnung, an welchen Ort dieselbe auch gestellt sei, anlangt, daselbst keine Modification erleidet, und ebenso wie zuvor polarisirt bleibt. Dasselbe gilt auch von dem unregelmäßigen Strahle. Wenn aber diese beiden Strahlen sich in der Spalte gekreuzt haben und dann gleichzeitig nach ihrem Durchgange durch das Kalkspathrhomboeder in das hinter demselben befindliche Auge eindringen, so ist das Phänomen nicht so einfach und verändert sogar seine Natur je nach dem Orte, welchen die Spalte einnimmt. Bewegt man diese Spalte allmälich mit Hilfe einer Schraube, so wird man bald den Punkt finden, wo das aus beiden durch die Spalte hindurchgehenden Bündeln zusammengesetzte Licht in seiner Gesammtheit gerade wie das ursprünglich von dem schwarzen Glasspiegel reflectirte Licht polarisirt ist. Weiterhin erscheint die Polarisationsebene senkrecht auf der vorhergehenden, was genau dem Azimut $2i$ entspricht, weil $i = 45°$. In einer Lage der Spalte, die zwischen den beiden vorhergehenden in der Mitte liegt, zeigen die Strahlen, welche sie hindurchläßt, keine merkliche Spur von Polarisation.

Dieser Versuch liefert uns daher die eigenthümliche Erscheinung zweier unter rechten Winkeln polarisirter Bündel, welche, nachdem sie

ſich auf dem matt geſchliffenen Glaſe gekreuzt haben, ſich auf der Netzhaut des Auges vereinigen und wie die Prüfung mit dem Rhomboeder beweiſt, kurz geſagt, ein Bündel bilden, welches bald vollſtändig in einem, bald vollſtändig in einem anderen Sinne polariſirt, bald endlich ohne eine merkliche Spur von Polariſation iſt, je nachdem die Ungleichheit der von den beiden Bündeln durchlaufenen Wege den einen oder den anderen Werth erreicht.

Nur um die Vorſtellungen zu fixiren, haben wir angenommen, daß ein mattgeſchliffenes Glas die Oeffnung bedecke; man kann deſſelben auch entbehren. Eine Loupe wird, wenn man will, zur Unterſuchung der durch das Zuſammentreffen der Lichtbündel in der Luft erzeugten Streifen dienen. Wenn man ſich indeß darauf beſchränkte, ſich mit dieſer Loupe vor den beiden gekreuzten Rhomboedern aufzuſtellen, ſo würde das Auge nur ein gleichförmiges und ununterbrochenes Licht empfangen; ſobald aber ein Kryſtall, der zwei Bilder gibt, in paſſender Weiſe zwiſchen der Loupe und jenen Rhomboedern, oder zwiſchen der Loupe und dem Auge aufgeſtellt wird, bemerkt man zwei Syſteme heller und dunkler Streifen. Die hellen Streifen des einen Bildes werden ſtets den dunklen des andern entſprechen. Der mittlere Streifen wird z. B. in dem regelmäßigen Bilde hell ſein, wenn der Hauptſchnitt des eingeſchalteten Kryſtalles der urſprünglichen Polariſationsebene der auf dem geſchwärzten Spiegel reflectirten Strahlen parallel iſt. In dem unregelmäßigen Bilde wird dieſer mittlere Streifen dann umgekehrt dunkel ſein. Der Punkt des Raumes, den das centrale Bild einnimmt, ſcheint daher dem Auge durch den Kryſtall, womit daſſelbe bewaffnet iſt, Licht zu ſenden, das noch in der urſprünglichen Ebene polariſirt iſt, da es nur ein regelmäßiges Bild gibt. Dies beweiſt, daß die Interferenzwirkungen in dem unregelmäßigen Bilde nur berechnet werden können, indem man $\frac{1}{2}$ d zur Differenz der durchlaufenen Wege hinzu addirt.

Wenn der Hauptſchnitt des eingeſchalteten Kryſtalles auf der urſprünglichen Polariſationsebene ſenkrecht ſteht, ſo finden ſich die Rollen vertauſcht: dann iſt der centrale Streifen des unregelmäßigen Bildes hell, während eben dieſer Streifen in dem regelmäßigen Bilde

vollständig dunkel ist, gerade als ob der Wegunterschied zwischen den beiden ihn bildenden Strahlen $^1/_2$ d wäre.

Ich habe bisher vorausgesetzt, daß das leuchtende Bündel nur homogenes Licht enthalte; in diesem Falle erzeugte dasselbe blos helle und dunkle Streifen. Bedient man sich dagegen des weißen Lichtes, so werden diese Streifen farbig, weil für die verschiedenfarbigen Strahlen d nicht denselben Werth besitzt, und die Farben, die man darin bemerkt, sind genau dieselben, welche das polarisirte Licht in den krystallisirten Blättchen aller möglichen Dicken entwickelt.

Wenige Worte werden jetzt genügen, um die Wirkungsweise dieser Blättchen in den von mir zuerst beschriebenen Farbenerscheinungen zu zeigen.

Ein polarisirter Lichtstrahl, der durch ein doppeltbrechendes krystallisirtes Blättchen geht, theilt sich darin, mathematisch ausgedrückt, in zwei unter rechten Winkeln polarisirte Bündel; zwei derartige Bündel interferiren aber unter einander nicht. Das Blättchen wird, wie dick es auch sei, mit bloßen Augen betrachtet, keine Farben zeigen, selbst dann nicht, wenn es nur durch polarisirtes Licht beleuchtet wird. Der Versuch bestätigt bereits dieses Resultat.

Jedes der beiden aus diesem Blättchen kommenden Lichtbündel, sowohl das regelmäßige, als das unregelmäßige, wird sich in zwei theilen, wenn es durch ein achromatisirtes Kalkspathprisma oder durch ein Rhomboeder hindurch geht. Von den vier austretenden Bündeln werden die zwei, welche die regelmäßige Brechung erleiden, nicht weiter getrennt werden, da sie es beim Austritt aus dem Blättchen nicht waren. Dies ist in gleicher Weise auf die zwei andern Strahlen anwendbar, so daß das Auge schließlich nur zwei getrennte Bilder wahrnimmt.

Von den zwei Bündeln, welche zum Entstehen des regelmäßigen Bildes beitragen, war das eine bei seinem Durchgange durch das Blättchen das gewöhnliche, und ist auch in dem nahe vor den Augen befindlichen Rhomboeder das regelmäßige geblieben, während durch die Wirkung dieses Krystalles das zweite Bündel, welches in dem Blättchen das ungewöhnliche war, in das regelmäßige Bild übergeführt worden ist.

Die ungleichnamigen Strahlen pflanzen sich nun in den doppeltbrechenden Krystallen mit ungleichen Geschwindigkeiten fort. Eine Ungleichheit der Geschwindigkeit erzeugt aber, wie wir schon gesehen haben, ebensowohl Interferenzerscheinungen, als ein Wegunterschied. Wenn also in dem angewandten Blättchen der Unterschied zwischen den Geschwindigkeiten der regelmäßigen und unregelmäßigen Strahlen entweder infolge der Dicke dieses Blättchens oder der Intensität der Doppelbrechung einer gewissen Größe d oder ihren Vielfachen entspricht, so wird die Art der Strahlen, welche infolge des Wegunterschieds nd (wo n eine ganze Zahl bezeichnet) sich aufheben, in dem vom Rhomboeder gelieferten regelmäßigen Bilde fehlen. Diese Wirkung, ich wiederhole es, rührt von der Interferenz der beiden Strahlen her, durch welche dieses Bild in der That gebildet wird, und die in dem Blättchen ungleiche Geschwindigkeiten besaßen.

Wenn der Versuch mit den beiden gekreuzten Rhomboedern uns nicht gezeigt hätte, daß zur Berechnung der gegenseitigen Einwirkungen der Lichtstrahlen, die beim Durchgange durch doppeltbrechende Krystalle mehrere Male die Polarisationsebene wechseln, die gewöhnlichen Regeln der Interferenz nicht ausreichen, so würden wir hier durch eine große Schwierigkeit gehemmt worden sein. Da nämlich der Geschwindigkeitsunterschied für die zwei Strahlen, aus welchen das durchs Rhomboeder erzeugte unregelmäßige Bild entsteht, und für diejenigen, welche zur Bildung des regelmäßigen Bildes beitragen, derselbe ist, so könnte es scheinen, als ob sich in den beiden Bildern die Strahlen derselben Farbe aufheben müßten, oder, was dasselbe besagt, daß beide Bilder dieselbe Farbe zeigen müßten. Erinnert man sich aber, daß, nachdem man für das eine der Bilder die Wirkung der einem Wegunterschiede von d entsprechenden Interferenz berechnet hat, beim Uebergange zu dem anderen Bilde, um mit der Erfahrung übereinstimmende Resultate zu erzielen, $\frac{1}{2}$ d zu dem Wegunterschiede oder zu der Wirkung des Geschwindigkeitsunterschiedes hinzuzufügen ist, so wird die Schwierigkeit verschwinden. Wenn in dem regelmäßigen Bilde d die Verstärkung der rothen Strahlen veranlaßt, so wird dagegen im unregelmäßigen Bilde $d + \frac{1}{2} d$ ihrer vollständigsten Uebereinstimmung entsprechen, und diese zwei Bilder

müssen also, wie es auch der Versuch bestätigt, genau complementäre Farben zeigen.

Da die Farben, welche das polarisirte Licht bei seinem Durchgange durch krystallisirte Blättchen entwickelt, in aller Strenge nur sehr breite Interferenzstreifen sind, so werden wir hier beim Variiren der Dicke dieser Blättchen eben dieselben Ablenkungen der Polarisationsebenen wieder finden müssen, die wir in dem Versuche antrafen, wo wir schmale Streifen mittelst der durch zwei Gypsblättchen, deren Hauptschnitte auf einander senkrecht standen, durchgelassenen Strahlen erzeugten. Ich habe bereits gesagt, daß der Versuch diese Analogie bestätigt hat.

Ich müßte mich sehr täuschen, wenn die im Vorstehenden gegebene Erklärung nicht die Zustimmung der Physiker, die sie mit der ganzen nöthigen Aufmerksamkeit prüfen, erhalten sollte. Ich will dieses Kapitel mit Anführung der Formeln schließen, welche die Intensitäten des gewöhnlichen und ungewöhnlichen Bildes in dem Falle geben, wo der polarisirte Strahl unter senkrechter Incidenz durch ein oder zwei krystallisirte Blättchen, deren Hauptschnitte eine beliebige Richtung haben, hindurch gegangen ist.

Ich beginne mit dem Falle eines einzigen Blättchens.

Die Intensität des ursprünglichen homogenen Bündels werde gleich 1 gesetzt.

i bedeute den Winkel, den der Hauptschnitt des Blättchens mit der ursprünglichen Polarisationsebene macht.

s bezeichne den Winkel zwischen derselben Ebene und dem Hauptschnitte des Rhomboeders oder des achromatisirten Prismas, mittelst dessen man das austretende Licht analysirt.

o — e sei der Unterschied im Wege zwischen den gewöhnlichen und den ungewöhnlichen Strahlen beim Austritte aus dem krystallisirten Blättchen.

d behalte dieselbe Bedeutung, die wir diesem Buchstaben oben gegeben haben.

π stelle das Verhältniß des Durchmessers zum Umkreise dar.

Dies gesetzt, haben wir die Intensität

des gewöhnlichen Bildes $= \cos^2 s - \sin 2i \sin 2(i-s) \sin^2 \pi \frac{o-e}{d}$;

des ungewöhnlichen Bildes $= \sin^2 s + \sin 2i \sin 2(i-s) \sin^2 \pi \frac{o-e}{d}$

Wenn das polarisirte Bündel durch zwei Blättchen gegangen ist, so muß es in der Formel ein Element mehr geben, nämlich den Winkel, welchen der Hauptschnitt dieses zweiten Blättchens mit der ursprünglichen Polarisationsebene bildet. Nennen wir, während alle übrigen Buchstaben die frühern Bedeutungen behalten, diesen Winkel α, und bezeichnen mit $o'-e'$ den durch die zweite Platte erzeugten Wegeunterschied: so wird die Intensität des von einem homogenen Lichtbündel gelieferten gewöhnlichen Bildes sein:

$$\cos^2 s + \sin 2\alpha \sin 2i \cos 2(\alpha + i - s) \sin^2 \pi \frac{o-e}{d}$$

$$- \sin 2\alpha \cos 2i \sin 2(\alpha + i - s) \sin^2 \pi \frac{o'-e'}{d}$$

$$- \cos^2 \alpha \sin 2i \sin 2(\alpha + i - s) \sin^2 \pi \frac{o-e+o'-e'}{d}$$

$$+ \sin^2 \alpha \sin 2i \sin 2(\alpha + i - s) \sin^2 \pi \frac{o-e-(o'-e')}{d}$$

Die Intensität des ungewöhnlichen Bildes erhält man durch Abziehen dieser Formel von der Einheit.

Berechnet man nach diesen Formeln einzeln die Intensität der verschiedenfarbigen Strahlen, welche das weiße Licht bilden, so erhält man die Farbe des gewöhnlichen oder die des ungewöhnlichen Bündels, mag dies vorläufig polarisirte Licht durch ein oder zwei krystallisirte Blättchen hindurchgegangen sein. Wenn man bei der Rechnung für $o-e$ und für $o'-e'$ die den individuellen Doppelbrechungen, welche die verschiedenen Strahlenarten erleiden, entsprechenden Werthe einsetzt, so wird man zwischen den Formeln und der Erfahrung die vollständigste Uebereinstimmung selbst bei den Krystallen finden, wo die depolarisirten Farben mit denen der Newton'schen Ringe keine Aehnlichkeit zu haben scheinen.

Die Phänomene der dünnen Blättchen, worin man einen unan-

greifbaren Beweis für das Emiſſionsſyſtem zu ſehen geglaubt hatte, welche die ſonderbarſten Oscillationsbewegungen zu erfordern ſchienen, welche dahin geführt hatten, in den Lichtmolecülen eine Rotationsaxe, Pole und einen Aequator, ſogar ſelbſt eine Präceſſion der Aequinoctien zu unterſcheiden: dieſe Phänomene ſind, wie man geſehen hat, nur unmittelbare Folgerungen der ſo fruchtbaren Geſetze der Interferenzen.

Zwölftes Kapitel.

Ueber die circulare Polariſation.

Die Polariſationsart, von welcher in dieſem Kapitel die Rede ſein wird, iſt weſentlich von denjenigen verſchieden, mit denen wir uns bisher beſchäftigt haben.

Geſetzt wir laſſen einen polariſirten Lichtſtrahl unter dem Winkel von 54° eine zweimalige Reflexion in einem Glasparallelepipedum erleiden, wie dies Fig. 9 (S. 308) darſtellt; und zwar ſeien die neuen Reflexionsebenen unter 45° gegen die urſprüngliche Polariſationsebene geneigt. Das austretende Bündel wird dann ganz beſondere Eigenſchaften erlangt haben.

Analyſirt man dies austretende Bündel mit einem Rhomboeder, ſo zerlegt es ſich ſtets in zwei Strahlen von gleicher Intenſität, welches auch die Lage des Hauptſchnittes ſein möge. Nach dieſer Erſcheinung allein würde man alſo glauben können, daß es wieder natürliches Licht geworden wäre. Wenn man es jedoch durch ein kryſtalliſirtes Blättchen gehen läßt, bevor man es der Wirkung des Rhomboeders unterwirft, ſo entdeckt man bald, daß dem nicht ſo iſt. Das natürliche Licht würde nämlich in dieſem letztern Falle zwei weiße Bilder von gleicher Intenſität geben, während das aus dem Parallelepipedum kommende Licht ſich ſtets in zwei ſtark gefärbte Bündel zerlegt.

Ich laſſe hier noch andere charakteriſtiſche Eigenſchaften dieſer neuen Art von Strahlen folgen:

Wie ich bereits im 7. Kapitel (S. 272) bemerkt habe, ändern eine oder mehrere totale Reflexionen Nichts an den ſichtbaren Eigen-

ſchaften des gewöhnlichen Lichtes, modificiren dagegen merklich das aus dem Parallelepipedum ausgetretene Bündel. Dieſes Bündel

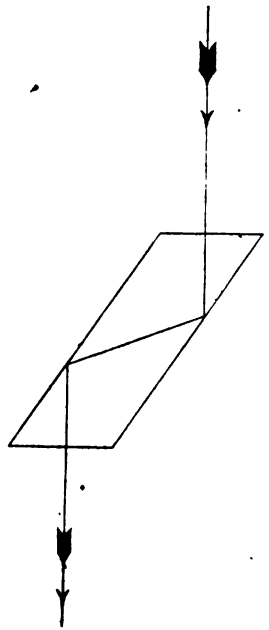


Fig. 9. — Zweimalige Reflexion eines Lichtſtrahles in einem Parallelepipedum.

nimmt nämlich wieder alle Kennzeichen des polariſirten Lichtes an, wenn man es zwei neue, den frühern gleiche totale Reflexionen erleiden läßt, welches übrigens auch das Azimut der neuen Reflexionsebene in Bezug auf die alten ſein möge.

Ich ſagte vorhin, daß die in Rede ſtehende Lichtart ſich in zwei gefärbte Bilder zerlegt,, wenn man ſie durch ein kryſtalliſirtes Blättchen hindurchgehen läßt und dann mit einem Rhomboeder zerlegt. Dabei iſt aber zu bemerken, daß die Farbe jedes der beiden Bilder auf dem Newton'ſchen Farbenkreiſe um einen Viertelkreis von dem Orte abſteht, den die Farbe einnimmt, welche das Bild dargeboten haben würde, wenn man gewöhnlich polariſirtes Licht angewandt hätte.

Endlich füge ich als letztes unterſcheidendes Merkmal noch hinzu,

daß das gewöhnliche polarisirte Licht keine Farbenerscheinung hervorruft, nachdem man es durch senkrecht auf die Axe geschnittene Bergkrystallplatten oder durch Schichten von Terpentinöl u. s. w. hat hindurchgehen lassen.

Ein polarisirter Strahl, der durch zwei totale Reflexionen modificirt worden ist, besitzt also ganz besondere Eigenschaften, die ihn gleichzeitig von einem directen und von einem gewöhnlichen polarisirten Strahle unterscheiden. Da diese Kennzeichen sich nicht auf die Seiten beziehen, so hat man die Modification, welche er angenommen, mit dem Namen der circularen Polarisation bezeichnet. Für diejenigen, welche diese Benennung durch die vorhergehenden Erscheinungen nicht hinreichend gerechtfertigt finden sollten, bemerke ich, daß sie zum Theil theoretischen Betrachtungen entlehnt ist.

Ich habe zuvor gezeigt, durch welche Combinationen von totalen Reflexionen man von der gewöhnlichen Polarisation zur circularen Polarisation übergeht; es bleibt mir noch übrig ein anderes äußerst merkwürdiges Mittel, diese letzte Polarisationsart unmittelbar zu erhalten, namhaft zu machen.

Man schneidet aus einem Bergkrystalle ein sehr stumpfes Prisma, dessen beide Flächen mit einander einen Winkel von z. B. 150° machen und gegen die Axe des Krystalles gleich geneigt sind, und achromatisirt es dann so viel als möglich mit Glasprismen, welche auf die Ein- und Austrittsfläche aufgekittet werden*). Dieser kleine Apparat zeigt Doppelbrechung; indeß erhalten die beiden Bilder, welche er hervorbringt, mag man polarisirtes oder gewöhnliches Licht in einer der Axe des Krystalles genau parallelen Richtung hindurchgehen lassen, nicht die Modification, welche ihnen z. B. der isländische Doppelspath ertheilen würde; beide sind circular polarisirt.

*) Benutzt man Glasprismen, so ist der Achromatismus stets sehr unvollkommen. Der Versuch wird viel reiner, wenn man an das Prisma von 150° zwei andere Prismen aus Bergkrystall anlegt; nur muß man Sorge tragen, sie aus einem Krystalle zu nehmen, der die entgegengesetzten Eigenschaften besitzt (vergl. oben S. 290 die Bemerkung über die plagiedrischen Krystalle). Diese Methode bietet noch außerdem den Vortheil dar, die Entfernung der Bilder zu [illegible]

Denn wenn man sie mit einem Rhomboeder analysirt, so theilen sich beide stets in zwei Bündel von gleicher Intensität, und wenn man sie in einem Glasparallelepipedum zwei totale Reflexionen unter 54° erleiden läßt, so findet man sie vollständig in 45° gegen die Reflexionsebene geneigten Ebenen polarisirt, und zwar liegt die Polarisationsebene des einen Bündels nach rechts und die des andern nach links.

Es existirt also eine eigenthümliche Art von Doppelbrechung, welche den Lichtstrahlen die circulare Polarisation mittheilt, gerade so wie die Doppelbrechung des Kalkspaths ihnen die gewöhnliche Polarisation verleiht.

Aus allen Erscheinungen und aus den allgemeinen Gesetzen der Interferenzen geht übrigens hervor, daß ein circular polarisirtes Bündel als zusammengesetzt betrachtet werden kann aus zwei gewöhnlichen unter rechten Winkeln polarisirten Bündeln, von denen aber das eine gegen das andere in seinem Gange um ein Viertel der zuvor mit d bezeichneten Größe verzögert worden ist.

Die Eigenschaften der circular polarisirten Strahlen gewähren ein sehr interessantes Mittel, um genau alle die Farbenerscheinungen hervorzubringen, welche die senkrecht auf die Axe geschnittenen Bergkrystallplatten und gewisse Flüssigkeiten dargeboten haben.

Zu diesem Zwecke bringt man ein dünnes krystallisirtes Blättchen zwischen zwei Glasparallelepipeda aus gewöhnlichem Glase, die sich rechtwinklig kreuzen und dem oben S. 308 gezeichneten ähnlich sind. Ein senkrecht in das erste Parallelepipedum eindringendes Lichtbündel erleidet in seinem Innern eine zweimalige totale Reflexion unter dem Winkel von 54°; nach seinem Austritte geht es durch das krystallisirte Blättchen; weiterhin bringt es in das zweite Parallelepipedum ein, und wird darin wieder zwei Mal total reflectirt, aber in einer Ebene, welche auf der Reflexionsebene der beiden ersten Zurückwerfungen senkrecht steht; endlich tritt der Strahl senkrecht auf der hintern Fläche des zweiten Parallelepipedums in die Luft über. Man wird es nun stets so einrichten können, daß dieser austretende Strahl alle Erscheinungen eines polarisirten Strahles, der eine senkrecht auf die Axe geschnittene Bergkrystallplatte oder eine Schicht Terpentinöl durchdrungen hat, darbietet; es genügt dazu, daß das auf das erste Pa-

rallelepipedum einfallende Bündel polarisirt ist, und daß die Are des eingeschalteten Krystallblättchens einen Winkel von 45° mit den beiden Ebenen der zweifachen totalen Reflexion macht.

Dreizehntes Kapitel.

Historische Details über die Entdeckung der verschiedenen Eigenschaften des Lichtes, die sich auf Polarisationserscheinungen beziehen.

Ich werde jetzt die Physiker namhaft machen, welchen man die Entdeckungen verdankt, deren Wichtigkeit hervorzuheben ich oben bestrebt gewesen bin, und in diesem geschichtlichen Theil der größeren Deutlichkeit wegen der Ordnung der Kapitel folgen, indem ich jedem derselben einen besonderen Paragraphen widme.

§ 1. — Entdeckung der Polarisation in den doppeltgebrochenen Strahlen durch Huygens. — Entdeckung der Wirkungen der Reflexion auf die polarisirten Strahlen durch Malus.

Meines Erachtens ist Huygens der Erste gewesen, der erkannt hat, daß die zwei Strahlen, in welche sich bei der Doppelbrechung ein Bündel theilt (Kap. 3 S. 247 bis 252), beim Austritte aus dem Krystalle ganz besondere Eigenschaften zeigen, welche das einfallende Licht nicht besaß. „Es scheint", sagt er, „daß man genöthigt ist zu schließen, daß die Lichtwellen, nachdem sie den ersten Doppelspathkrystall durchdrungen haben, eine gewisse Form oder Anordnung erhalten, vermöge deren sie beim Auftreffen auf das Gefüge eines in einer gewissen Stellung befindlichen zweiten Krystalles die beiden verschiedenen Materien in Bewegung setzen können, welche zu den beiden Brechungsarten dienen, dagegen beim Auffallen auf eben diesen zweiten Krystall in einer andern Lage nur die eine dieser Materien zu bewegen im Stande sind."

Nach diesem großen Physiker ändert also bei dem Vorgange der Doppelbrechung die Welle oder wenn man will der Strahl seine Form, verliert seine Symetrie, so daß Grund vorliegt, seine verschie-

denen Seiten, oder in andern Worten, seine verschiedenen Pole zu unterscheiden.

Huygens ist also der Erste gewesen, der ein Polarisationsphänomen wahrgenommen hat; die Entdeckung datirt vom Jahre 1678, ist aber erst 1690 veröffentlicht worden.

Seit Huygens hatte sich, wenn man den unsterblichen Verfasser der Optik ausnimmt, bis 1809 kein Beobachter von diesem Gesichtspunkte aus mit der Doppelbrechung beschäftigt. Wir müssen selbst zugeben, daß in Bezug auf die Thatsachen Newton nichts Neues zu der Entdeckung des holländischen Gelehrten hinzugefügt hat. Er hob nur viel stärker die Nothwendigkeit hervor, in jedem der Strahlen, welche die Doppelbrechung beim Durchgange durch einen Kalkspath erzeugt, Pole anzunehmen.

Malus gebührt die Ehre, die Aufmerksamkeit der Physiker auf die merkwürdigen Eigenschaften des Lichtes, welche den Gegenstand dieser Notiz ausmachen, zurückgeführt zu haben; er hat die sonderbaren Erscheinungen nachgewiesen, welche die regelmäßigen und die unregelmäßigen Strahlen darbieten, wenn sie unter gewissen Neigungen auf durchsichtige Spiegel fallen (Kap. 3 S. 253 bis 256); ihm verdanken wir auch das mathematische Gesetz, welches die Intensitäten der verschiedenen Bündel, in welche sich das Licht bei seinem Durchgange durch zwei aufeinander gelegte Rhomboeder theilt, zu verknüpfen scheint. (Vergl. Mémoires d'Arcueil 1809, Bd. 2.)

§ 2. — Entdeckung der Polarisation in den reflectirten Strahlen durch Malus.

Was in einigen Aufsätzen über den glücklichen Umstand berichtet worden, der Malus zu der Entdeckung führte, daß die Lichtstrahlen bei der Reflexion auf durchsichtigen Körpern polarisirt werden, ist richtig. Dieser Physiker, den ein frühzeitiger Tod so schnell den Wissenschaften, deren Hoffnung er war, und seinen zahlreichen Freunden entrissen hat, hat mir oft erzählt, daß er zufällig gegen Ende des Jahres 1808 beim Zerlegen des von den Fenstern des Luxembourg reflectirten Lichtes der untergehenden Sonne mittelst eines Kalkspathrhomboeders zum ersten Male den Intensitätsunterschied der beiden

Bilder wahrnahm*). Ein ähnlicher Intensitätsunterschied hatte sich den Augen der Mineralogen darbieten müssen, so oft sich bei ihren Versuchen, die Doppelbrechung der Krystalle zu entdecken, die feine Nadel, nach welcher sie visirten, auf den heiteren Himmel projicirte, d. h. auf eine Fläche von polarisirtem Lichte; indeß war ihnen die Thatsache nicht aufgefallen. Malus bemächtigte sich ihrer, erkannte ihre ganze Wichtigkeit, vervollständigte sie, analysirte sie nach allen ihren Seiten mit dem seltensten Scharfsinn, und wurde so der Schöpfer eines neuen Zweiges der Optik.

Alle im 4. Kapitel (S. 256 bis 258) angeführten Versuche rühren von diesem berühmten Physiker her.

§ 3. — Beobachtung der partiell polarisirten Strahlen durch Arago.

Die im 5. Kapitel (S. 256 bis 261) berichteten Messungen, woraus hervorzugehen scheint, daß bei gleichen Winkelabständen ober- und unterhalb des Winkels der vollständigen Polarisation die reflectirten Strahlen fast gleiche Mengen polarisirtes Licht enthalten, sind von mir ausgeführt worden.

§ 4. — Entdeckung des Gesetzes, welches den Winkel der vollständigen Polarisation mit der brechenden Kraft der Körper verknüpft, durch Brewster. — Regel von Malus und Theorem von Arago.

Das merkwürdige im 6. Kapitel (S. 261 bis 263) angeführte Gesetz, welches den Winkel der vollständigen Polarisation mit der brechenden Kraft der Körper verknüpft, ist von Brewster entdeckt und der königl. Gesellschaft am 16. März 1815 mitgetheilt worden. (Phil. Transact. desselben Jahres.)

Die Regel (Kap. 6 S. 266), welche den Winkel der vollständigen Polarisation auf der zweiten Fläche der durchsichtigen Mittel aus dem Winkel der vollständigen Polarisation auf der ersten berechnen lehrt, rührt von Malus her (Mémoires d'Arcueil 1809, Bd. 2).

*) Man ist im Irrthum, wenn man sagt, er habe auf diese Weise das eine der Bilder verschwinden sehen: die Polarisation auf den Fensterscheiben war im Augenblicke des Versuchs nur partiell.

Dieſelbe Relation muß auf die Winkel an der erſten und der zweiten Fläche, unter denen das Licht in gleichen Mengen polariſirt wird, ausgedehnt werden. Die von Malus gegebene Regel iſt alſo nur ein ſpecieller Fall eines allgemeinen Theorems (S. 267), das ich aus einer langen Reihe von Beobachtungen hergeleitet habe*).

§ 5. — Entdeckung der Polariſation mittelſt einfacher Brechung durch Malus. — Entdeckung der Gleichheit der polariſirten Lichtmengen in den reflectirten und durchgelaſſenen Bündeln durch Arago. — Entdeckung der Eigenſchaften der Säulen aus Platten durch Malus. — Vergleichung gewiſſer natürlicher Körper mit den Säulen durch Brewſter.

Malus hat ebenfalls endeckt (Kap. 7 S. 268 und 269), daß das von einem durchſichtigen Spiegel durchgelaſſene Lichtbündel in einer Ebene, welche mit der Polariſationsebene des reflectirten Bündels einen rechten Winkel bildet, partiell pollariſirt iſt. (Dem Inſtitut am 11. März 1811 mitgetheilt, am folgenden Tage im Moniteur abgedruckt. Vergl. auch Mémoires de la classe des sciences mathém. et phys. de l'Institut für das Jahr 1810).

Die von mir ausgeführten photometriſchen Verſuche haben zwiſchen dieſen beiden Polariſationsarten eine Beziehung feſtgeſtellt, die Malus entgangen war; ſie iſt in dem einfachen Satze enthalten

*) Arago hat das Datum der Entdeckung dieſes allgemeinen Theorems durch eine Mittheilung an die Akademie der Wiſſenſchaften am 13. Februar 1815 feſtgeſtellt, deren von dem damaligen beſtändigen Secretär Delambre unterzeichnetes Manuſcript folgendermaßen lautet:

„Der Sinus des Winkels, unter welchem ein Lichtbündel beim Auffallen auf die erſte Fläche eines Spiegels partiell polariſirt wird, verhält ſich zu dem Sinus des Winkels, unter welchem es eine äquivalente partielle Polariſation durch Reflexion auf der zweiten Fläche erhält, wie der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels; ſo daß das von Malus für die vollſtändige Polariſation gegebene Geſetz nur ein ſpecieller Fall des ſo eben ausgeſprochenen allgemeinen Princips iſt; kurz man ſieht daraus, daß die relative Menge natürlichen Lichtes, die beim Auffallen eines Strahles auf die erſte Fläche eines Körpers polariſirt wird, der relativen Menge gleich iſt, welche polariſirt werden würde, wenn dieſer Strahl im natürlichen Zuſtande auf demſelben Wege von innen nach außen zurückkehrte.“

(Kap. 7 S. 271): die Menge polariſirten Lichtes, welche in dem von einer durchſichtigen Ebene durchgelaſſenen Bündel enthalten, iſt genau der unter rechtem Winkel polariſirten Lichtmenge gleich, die ſich in dem von derſelben Ebene reflectirten Lichtbündel findet.

Dieſe Verſuche datiren von 1812; ſind aber erſt 1814 durch Biot, dem ich ſie mitgetheilt hatte, veröffentlicht worden. (Vergl. Recherches expérimentales et mathématiques sur les mouvements des molécules de lumière. 1814, S. 50.*)

Die vorſtehende Regel führt, als beſonderer Fall, zu der ebenfalls von mir angegebenen Folgerung, daß unter dem Winkel der totalen Reflexion und unter allen kleinern das Licht nicht polariſirt wird.

Die von Säulen aus Platten dargebotenen Erſcheinungen (Kap. 7, S. 272 bis 274) wurden von Malus unmittelbar nach ſeiner Entdeckung der Polariſation durch Brechung analyſirt.

Die Beobachtung, daß gewiſſe natürliche Körper (S. 275), z. B. die Achate, wie wahre Säulen auf das Licht wirken, rührt von Brewſter her. (Treatise on new philosophical instruments, 1813.)

§ 6. — Mathematiſche Geſetze Fresnels über die Lage der verſchiedenen Polariſationsebenen verſchieden reflectirter und gebrochener Lichtbündel.

Die in dem 8. Kapitel (S. 276 bis 280) enthaltenen Geſetze, Formeln und Verſuche gehören Fresnel. Bereits Malus hatte verſucht zu finden, wie die Lage der Polariſationsebene geändert wird; es fehlt aber denjenigen ſeiner Reſultate, die veröffentlicht worden ſind

*) Biot drückt ſich folgendermaßen aus: „Wenn ein Strahl directen Lichtes auf ein polirtes Glas unter dem Winkel von 35° 25', welcher durch Reflexion die vollſtändige Polariſation erzeugt, auffällt, ſo iſt die reflectirte Lichtmenge, die auf dieſe Weiſe polariſirt wird, dem Theile durchgelaſſenen Lichtes gleich, der ſenkrecht auf die Einfallsebene durch Brechung polariſirt wird. Der Reſt des durchgelaſſenen Strahles beſteht aus dem Theile jedes Bündels, der, ohne ſeine urſprüngliche Polariſation zu verlieren, direct hindurch geht. Dies Reſultat ſtimmt mit der Erfahrung überein; denn Arago hatte es mittelſt ſehr genauer Verfahren gefunden und mir mitgetheilt, bevor ich es aus der Theorie hergeleitet hatte. Arago hat ferner beobachtet, daß dieſe Gleichheit gleichfalls unter allen Incidenzen ſtatt hat, wenn man blos die polariſirten Lichtmengen, die ſich in den reflectirten und den durchgelaſſenen Strahlen bilden, vergleicht.

(Mémoires de l'Institut, 1810) in mehreren Beziehungen an Genauigkeit. Die Fresnel'schen Formeln sind eine der kostbarsten Bereicherungen, welche die Optik in diesen letzten Zeiten erhalten hat.

Die Nachweisung der Ablenkungen, welche die Polarisationsebene eines vorläufig polarisirten Bündels bei Reflexionen erleidet, findet sich in den beiden Abhandlungen, die Fresnel am 24. November 1817 und im Anfange des Januar 1818 der Akademie der Wissenschaften vorgelegt hat; die mathematischen Gesetze wurden aber erst 1821 entdeckt und veröffentlicht. (S. Annales de chimie et de physique, Bd. 17.)

§ 7. — Entdeckung der Modificationen, welche die Polarisation in den Interferenzerscheinungen hervorruft durch Arago und Fresnel.

Fresnel und ich sind bis jetzt die einzigen Physiker, die sich mit der Polarisation, insofern sie die Interferenzphänomene modificirt (Kap. 9, S. 280 bis 284), beschäftigt haben. Die Abhandlung, in welcher wir zum ersten Male die hier wiederholten Resultate angegeben haben, ist 1819 in den Annales de chimie et de physique Bd. 10 erschienen.*)

§ 8. — Entdeckung der farbigen Polarisation durch Arago.

Ich habe zuerst gezeigt (Kap. 10, S. 284 bis 287), daß die gewöhnlichen polarisirten Lichtstrahlen beim Durchgange durch krystallisirte Blättchen ihre ursprünglichen Eigenschaften verlieren, und neue empfangen; z. B. die Eigenschaft, durch den Doppelspath in zwei farbige Bündel zerlegt, und von durchsichtigen Spiegeln mit Farben reflectirt zu werden, deren Nüance von der Seite abhängt, mit welcher der Spiegel dem Strahle entgegentritt. (Am 11. August 1811 im Institut gelesene und in den Mémoires für dasselbe Jahr gedruckte Abhandlung.)

*) Diese Abhandlung, so wie alle übrigen von Arago herrührenden Abhandlungen und Notizen, welche in diesem historischen Abschnitte citirt werden, sind in den 1. Band der wissenschaftlichen Abhandlungen (10. Bd. der sämmtlichen Werke) aufgenommen worden.

Brewster hat 1813 analoge Beobachtungen in seinem Treatise on new philosophical instruments veröffentlicht.

Er gibt an, daß seine Beobachtungen gemacht wurden, bevor er Arago's Arbeit gesehen, ebenso auch bevor irgend einer seiner Landsleute einige Kenntniß von dem, was in Frankreich geschehen war, gehabt hätte (before any of his countrymen had any knowledge of what had been done in France. Edinburg. Encyclopädie, Art. Optics, S. 587). In Betreff des ersten Punktes muß man einem Manne von Brewster's Verdienst aufs Wort glauben; sollte es mir aber nicht gestattet sein darauf hinzuweisen, daß da Arago's Abhandlung im Auszuge in den Moniteur vom 31. August 1811 *) aufgenommen

*) Man findet die Abhandlung Arago's im 1. Bande der wissenschaftlichen Abhandlungen, Bd. 10 der gesammelten Werke. Der Artikel im Moniteur vom 31. August 1811 lautet folgendermaßen:

„Da uns die zu große Ausdehnung der Abhandlung Arago's nicht erlaubt, sie ganz in diese Zeitung einrücken zu lassen, so wollen wir wenigstens einen Auszug ihrer wichtigsten Resultate geben und damit eine gedrängte Beschreibung einiger Experimente, die zur Auffindung derselben gedient haben, verbinden.

„Wenn man irgend ein Object, z. B. die Flamme einer Kerze durch ein Kalkspathrhomboeder betrachtet, so sind die beiden Bilder, die man wahrnimmt, fast von gleicher Intensität und ohne irgend eine Farbe, mögen die Strahlen unmittelbar auf den Krystall fallen, oder mögen sie zuvor bereits ein Glimmerblättchen durchlaufen haben. Wenn man aber nach der zuvor von einem nicht belegten Glasspiegel reflectirten Flamme sieht, so existirt zwischen den beiden Bildern für gewisse Lagen des Rhomboeders ein um so beträchtlicherer Unterschied in der Intensität, je mehr der Reflexionswinkel sich ungefähr 35° nähert; bei dieser Grenze verschwindet, wie bekannt, eins der beiden Bilder vollständig. Schaltet man jetzt ein Glimmerblättchen so ein, daß die reflectirten Strahlen dasselbe durchdringen, bevor sie auf das Rhomboeder fallen, so erscheint dieses Bild wieder, aber mit einer Farbe, die in Betreff ihrer Lebhaftigkeit und ihrer Natur von der Dicke des eingeschalteten Blättchens und von dem mehr oder weniger großen Winkel, den die leuchtenden Strahlen mit seiner Fläche machen, abhängt. Welches übrigens auch diese Neigung sein mag, stets sind die beiden Bilder complementär gefärbt, so daß, wenn man durch Aenderung der Lage des Blättchens das erste Bild successive und zu wiederholten Malen die ganze Reihe der prismatischen Farben durchlaufen läßt, das zweite stets entsprechende Aenderungen erleidet, und zwar dergestalt, daß in jedem Augenblicke die beiden gleichzeitig erscheinenden Farben durch ihre Vereinigung Weiß geben. Wenn man das Glimmerblättchen unverändert läßt und im Gegentheil das

worden war, der gelehrte Secretär der edinburger Geſellſchaft wahrſcheinlich einige Mühe haben dürfte, ſeine zweite Behauptung zu beweiſen?

Prisma dreht, ſo werden die beiden Bilder allmälich ihre Farbe ändern und, wenigſtens unter beſtimmten Incidenzen, nach jeder Viertelumdrehung durch Weiß hindurchgehen; wenn man endlich das Glimmerblättchen eine ganze Umdrehung machen läßt, ohne den Winkel, den es mit den zurückgeworfenen Strahlen macht, zu ändern, ſo wird ein und daſſelbe Bild viermal verſchwinden.

„Es folgt hieraus, wie man ſieht, daß die Blättchen des unter dem Namen des ruſſiſchen Talks bekannten Glimmers, ebenſo wie andere mit der Eigenſchaft der Doppelbrechung begabte Subſtanzen, die Eigenſchaft beſitzen, die Lichtſtrahlen, welche eine erſte Reflexion ſchon modificirt hatte, zu depolariſiren, aber mit dem äußerſt merkwürdigen Umſtande, daß ſie auf die Molecüle der verſchiedenen Farben nicht in derſelben Weiſe zu wirken ſcheinen; denn das zweite Bild iſt im Augenblicke ſeines Wiedererſcheinens nicht weiß. Wenn, wie man behauptet hat, die Eigenſchaften der polariſirten Strahlen von der beſonderen Anordnung der Aren der Molecüle, aus welchen ſie beſtehen, abhängen, ſo muß man annehmen, daß in einem durch den Einfluß eines isländiſchen Kalkſpaths polariſirten Lichtſtrahle die Aren der Molecüle der verſchiedenen Farben unter einander parallel ſind, während die Molecüle der verſchiedenen Farben ihre Aren nach verſchiedenen Richtungen hinwenden, wenn derſelbe Strahl durch ein Glimmerblättchen gegangen iſt.

„Malus hat zuerſt entdeckt, daß die zwei Lichtbündel, welche ein Kalkſpathrhomboeder in entgegengeſetztem Sinne polariſirt hat, ſich beim Auffallen auf Körper, die ſie reflectiren, verſchieden verhalten; durch Combination dieſer Verſuche mit denen, welche wir ſo eben berichtet haben, faßt Arago das vorſtehende Reſultat unter einem anderen Geſichtspunkte auf, mittelſt deſſen man ſich eine genauere Vorſtellung von der eigenthümlichen Modification machen kann, welche die Lichtſtrahlen beim Durchgange durch den Glimmer erleiden.

„Man lege z. B. irgend ein Glimmerblättchen horizontal, und laſſe dann auf ſeine Oberfläche vertical von oben nach unten von einem Glasſpiegel unter einer Neigung von etwa 35° reflectirte Strahlen fallen: ſo iſt leicht zu ſehen, daß die Strahlen aller Farben durch daſſelbe hindurchgehen werden. Stellt man nun unterhalb deſſelben Blättchens einen zweiten nicht belegten Glasſpiegel auf, der mit der Verticalen einen der Neigung des erſten Spiegels gegen dieſe Linie gleichen Winkel, aber in entgegengeſetztem Sinne macht, ſo ſcheint es beim erſten Blicke, als ob dieſer zweite Spiegel, der nur von dem weißen Lichte, welches die Glimmerplatte durchgelaſſen hat, beleuchtet iſt, ungefärbt erſcheinen müßte; prüft man indeſſen das von ihm reflectirte Licht, ſo wird man es ſehr ſtark gefärbt finden. Man bemerkt ferner, daß, wenn man dieſen untern Spiegel, ohne ſeinen Winkel gegen den Horizont zu ändern, dreht, der Lichtſtrahl nicht conſtant dieſelbe Farbe behält, obgleich das einfallende Licht ihn ſtets unter derſelben Neigung trifft, ſondern daß, von irgend einer

Die Erſcheinungen, welche die ſenkrecht auf die Are geſchnittenen Platten darbieten, ſind ebenfalls in meiner zuvor erwähnten Abhandlung von 1811 beſchrieben worden.

Stelle aus gerechnet, nach jeder Viertelumdrehung der Spiegel die complementäre Farbe von derjenigen zurückwirft, die er zuerſt reflectirte.

„Arago hat ſich davon überzeugt, daß die Art der Farbe, welche ein Glimmerblättchen depolariſirt, von der Dicke des Blättchens abhängt; denn er hat auf einem und demſelben Glimmerblättchen eine Stelle bezeichnen können, welche die blauen Strahlen depolariſirte; der angrenzende Theil färbte das zweite durchs Prisma erzeugte Bild gelb; weiterhin in derſelben Richtung zeigte ſich dieſes Bild von Neuem mit blauer Farbe u. ſ. f.

„Man ſieht hieraus, daß wenn ſich die Dicke eines Blättchens ſehr ſchnell und regelmäßig ändert, die Punkte, in denen daſſelbe dieſe oder jene Art von Farben depolariſirt, einander ſehr nahe liegen und faſt gleichweit von einander abſtehen werden; auch nimmt man unter dieſen Umſtänden farbige Streifen wahr, die den von Newton in ſeiner Optik beſchriebenen ganz ähnlich ſind, aber aus einer ganz anderen Urſache hervorgehen.

„Der Verfaſſer berichtet dann über die Verſuche, welche er zum Studium der Modificationen, die eine Veränderung der Neigung der Platten gegen die durch ſie hindurchgehenden Strahlen in der Erzeugung der Farben hervorbringt, angeſtellt hat. Es folgt unter anderen Reſultaten aus ihnen, daß man mit Hilfe eines bloßen dünnen Glimmerblättchens von dem weißen Lichte ſucceſſive die verſchieden gefärbten Strahlen, aus denen es beſteht, trennen kann, und daß dieſe Methode vor allen denen, bei welchen man Prismen anwendet, den Vorzug hat, die Bilder der Objecte in keiner Weiſe zu verzerren.

„Unter übrigens gleichen Umſtänden wird die Fähigkeit der Glimmerblättchen, die verſchieden gefärbten Strahlen verſchieden zu depolariſiren, ſchwächer, wenn ihre Dicke ſich verringert; und Arago hat ſich überzeugt, daß man zu einem ſolchen Grade der Feinheit gelangen kann, daß die Blättchen nicht allein keine Farben zeigen, ſondern daß ſie ſogar keinen einzigen weißen Lichtſtrahl depolariſiren, wenn ihre Ebene auf der Polariſationsebene der Strahlen ſenkrecht iſt.

„Die Gypsblättchen beſitzen dieſelben Eigenſchaften wie der Glimmer; da aber die Farben bei jener erſten Subſtanz viel lebhafter ſind, ſo hat ſich Arago ihrer bedient, um die Natur derjenigen Farben zu unterſuchen, welche man bei der Beleuchtung derſelben mit nicht polariſirten Strahlen wahrnimmt. Die Grenzen, die wir in dieſem Auszuge einzuhalten gezwungen ſind, geſtatten nicht das Detail der Verſuche mitzutheilen; wir begnügen uns mit der Bemerkung, daß aus ihnen z. B. unzweifelhaft hervorgeht, daß nicht blos in der Veränderung der Dicke dieſer Blättchen die Urſache der Farbe zu ſuchen iſt, wie man bisher glaubte; denn dreht man die Blättchen in ihrer eigenen Ebene, ohne den Winkel der Strahlen mit ihrer

Die Regel, nach welcher (S. 288) die Ablenkung der Pole sowohl in Betreff der eigenthümlichen Farbe jedes Lichtmolecüls als

---

Oberfläche zu verändern, so gehen die Farben nach jeder Viertelumdrehung durch Weiß hindurch, und nehmen in den Zwischenlagen verschiedene Nüancen an.

„Die Eigenschaft, die verschieden gefärbten Lichtstrahlen auf verschiedene Weise zu depolarisiren, kommt nicht ausschließlich den dünnen lamellenartigen Körpern zu: denn Arago berichtet in seiner Abhandlung über eine Reihe von Untersuchungen, welche er mit wohl polirten Bergkrystallplatten von mehr als 6 Millimeter Dicke angestellt hat, die den vorhergehenden ganz analoge Erscheinungen hervorbrachten.

„Man überzeugt sich zuerst, daß eine sehr regelmäßig geschliffene Krystallplatte in keiner Weise die directen Strahlen modificirt, indem man sie vor das Objectiv eines Prismenfernrohrs bringt; denn die beiden Bilder sind weiß, von gleicher Intensität und ebenso scharf begrenzt, als ob der Krystall nicht da wäre. Wenn man dann das Prismenfernrohr auf ein von einem nicht belegten Glasspiegel reflectirtes Bild, z. B. der Sonne richtet, so findet man bald, daß man, wenn die Are einen Winkel von ungefähr 35° mit der Oberfläche des Spiegels macht, in gewissen Lagen des inneren Prismas nur eine der Scheiben wahrnimmt; bringt man unmittelbar darauf die Bergkrystallplatte vor das Objectiv, so sieht man das zweite Bild wieder erscheinen, aber mit einer lebhaft rothen Farbe. Im Momente dieses Wiedererscheinens zeigt sich das erste Bild, das zuvor weiß war, mit der Complementärfarbe des Roth; übrigens sind die Ränder der beiden Sonnenbilder ganz eben so scharf, als wenn man sie direct beobachtete. Wenn man die Krystallplatte in derselben Lage läßt und das Prismenfernrohr dreht, so bemerkt man, daß während jeder halben Umdrehung beide Bilder die ganze Reihe der prismatischen Farben durchlaufen, so daß das rothe Sonnenbild successive orange, gelb, grünlichgelb, bläulichgrün, blau und violett wird; das Fernrohr hat dann eine halbe Umdrehung vollendet; setzt man die Drehung in demselben Sinne fort, so geht das violette Bild in Roth, Orange u. s. w. über, während das zweite Bild seinerseits die zu den genannten Nüancen complementären Farben durchläuft. Läßt man das Prismenfernrohr unbewegt, so führt die Bewegung des Krystalls in seiner Ebene keine Veränderung in den Farben der beiden Bilder herbei; wenn man aber den Versuch mit einer Platte aus Glimmer oder Gyps machte, so würde man ein und dasselbe Bild bei jeder Viertelumdrehung verschwinden sehen. Man erhält übrigens den vorhergehenden ganz analoge Resultate, wenn man sich statt der durch Reflexion auf einem Glasspiegel polarisirten Strahlen, solcher Lichtbündel bedient, welche durch die Einwirkung eines Rhomboeders von isländischem Kalkspathe modificirt sind, was ein neuer Beweis für ihre vollständige Identität ist. Mit dem Prismenfernrohre hat man zuerst den Vortheil lebhaftere Farben zu erhalten. Da die zwei Bilder scharf begrenzt sind, so ist ferner dadurch bewiesen, daß die Strahlen bei ihrer Depolarisation keine ungleiche Dispersion erlitten haben, wie man hätte vermuthen können. Da

auch der mehr oder minder beträchtlichen Dicken der von diesen Molecülen durchlaufenen Platten erfolgt, rührt von Biot her. Seine Ab-

---

die Strahlen auf das innere Prisma erst nach dem Durchgange durch die verschieden gekrümmten Gläser, welche das Objectiv bilden, fallen, so folgt hieraus weiter, daß diese Strahlen in dem Krystalle eine bleibende Veränderung erlitten haben. Endlich bietet diese Methode ein Mittel zu beweisen, daß die Farben der beiden Bilder ganz genau complementär gefärbt sind. Es genügt zu diesem Zwecke, die Sonnenbilder nur zur Hälfte auseinander treten zu lassen; dann bleibt der beiden Bildern gemeinschaftliche Theil während einer ganzen Umdrehung des Fernrohrs vollständig weiß, während die beiden Segmente, welche diesen Theil begrenzen, zu zwei verschiedenen Malen die ganze Reihe der prismatischen Farben durchlaufen. Arago zeigt in seiner Abhandlung, welchen Nutzen man aus dieser Bemerkung ziehen kann, um die Intensitäten der verschiedenen Theile der Sonnenscheibe zu vergleichen.

„Die Bergkrystallplatte wirkt auf die Molecüle der verschiedenen Farben nur dann in verschiedener Weise, wenn sie von den Strahlen unter Incidenzen getroffen wird, die von der senkrechten wenig entfernt sind; denn wenn man die Ebene der Platte immer rechtwinklig auf der Ebene, welche die reflectirten Strahlen enthält, läßt und sie allmälich neigt, so kommt man bald auf eine Lage, in welcher man nur ein Bild wahrnimmt; es ist selbst möglich den Krystall so zu stellen, daß er das Licht vollständig depolarisirt, indem er in derselben Weise auf die Molecüle aller verschiedenen Farben, aus denen der weiße Strahl zusammengesetzt ist, wirkt.

„Obgleich diese letzten Versuche zeigten, daß die Phänomene, welche der Bergkrystall darbietet, nicht von der Lage in seiner eigenen Ebene abhängen, während beim Glimmer und Gyps die Lage des Hauptschnittes einen ganz bestimmten Einfluß auf die Erscheinung des zweiten Bildes hatte, war es doch interessant zu untersuchen, ob die Eigenschaft, die verschieden gefärbten Strahlen in verschiedener Weise zu polarisiren, den krystallisirten Substanzen ausschließlich zukäme. Arago gibt in seiner Abhandlung an, daß er nichtkrystallisirte Körper gefunden hat, welche dieselbe Eigenschaft in mehr oder weniger auffallendem Grade besitzen. Die von ihm angeführten Versuche sind mit einer etwas prismatischen Flintglasplatte von 85^{mm} Seite angestellt worden, die in allen ihren Punkten die Strahlen depolarisirt. Arago gibt folgende Methode an, um sich davon zu überzeugen:

„Betrachtet man irgend ein Object durch zwei doppeltbrechende Prismen, so bemerkt man bekanntlich vier Bilder, ausgenommen in den Stellungen, wo ihre Hauptschnitte zu einander parallel oder senkrecht sind, mögen die Strahlen aus dem ersten Prisma unmittelbar in das zweite übergehen, oder mögen sie zwischen beiden durch eine beliebige Anzahl durchsichtiger, nicht doppeltbrechender Mittel hindurchgehen. Wenn man jedoch die eben erwähnte Flintglasplatte dazwischen stellt, so sieht man, daß diese Regel nicht allgemein ist; denn man bemerkt sogleich vier Bilder; an einigen Stellen sind sie respective complementär gefärbt; an anderen,

handlung wurde im September 1818 im Inſtitut geleſen und bald darauf gedruckt.

---

und dies iſt der häufigere Fall, ſind die Bilder vollkommen weiß. Uebrigens verhält ſich die Platte ſtets ſo, als ob ſie kryſtalliſirt wäre, weil die zwei neuen Bilder bei jeder Viertelumdrehung der Platte verſchwinden, vorausgeſetzt jedoch, daß man die Strahlen immer genau durch denſelben Theil der Platte gehen läßt; denn man findet nicht ſelten zwei dicht neben einander liegende Stellen, deren Axen nicht parallel zu ſein ſcheinen.

„Man ſieht hieraus, daß dieſes Wiedererſcheinen der Bilder, welches ein bequemes Mittel darzubieten ſchien, um gleichzeitig das Vorhandenſein einer Doppelbrechung in kryſtalliſirten Subſtanzen und die Richtung ihrer Axen zu erkennen, kein ganz ſicheres Kennzeichen liefert, da ein Stück Flintglas, welches nicht doppelt bricht, denſelben Bedingungen genügt.

„Arago, der im letzten Februar der mathematiſch-phyſiſchen Claſſe eine Abhandlung über die gewöhnlichen farbigen Ringe vorgelegt hatte, beſchreibt im letzten Abſchnitte des Aufſatzes, deſſen Analyſe wir jetzt geben, eine neue Art von hellen Streifen, die man unter gewiſſen Umſtänden ſelbſt auf ſehr dicken Platten einiger kryſtalliniſcher Körper gut ſichtbar machen kann.

„Die Farben, von denen wir im Vorhergehenden geſprochen haben, als wir uns mit dem Bergkryſtalle beſchäftigten, erſcheinen nicht auf allen Platten dieſer Subſtanz, weil ſie einen beſonderen Zuſtand in den Schichten, die den Kryſtall bilden, zu verlangen ſcheinen. Die Streifen, um die es ſich jetzt handelt, werden in allen Bruchſtücken von Bergkryſtall deutlich wahrgenommen, wenn man ſie mit polariſirtem Lichte beleuchtet, unter der Vorausſetzung, daß ihre Dicke nicht conſtant iſt: in einer Linſe ſind ſie kreisförmig; in einem Prisma erſcheinen ſie parallel der Kante, in welcher ſeine beiden Flächen zuſammenſtoßen, in der Weiſe daß ihre Geſtalt immer von der des Mittels abhängt. Für gewiſſe Krümmungen der Linſe ſind die Ringe ſelbſt dem unbewaffneten Auge ſehr deutlich; in anderen Fällen muß man, um ſie wahrzunehmen, nothwendig ein ſtark zerſtreuendes Prisma zu Hülfe nehmen; das beſte Mittel übrigens, um ſie auffällig zu machen, beſteht darin, die Platte durch ein Kalkſpathprisma zu betrachten; denn man ſieht dann jedes Bild mit einer ſchönen Reihe complementär gefärbter Streifen umſäumt; dieſer einzige Umſtand ſchon würde beweiſen, daß dieſe Ringe aus den ſucceſſiven Depolariſationen der Strahlen in den verſchiedenen Dicken der Platten hervorgehen. Noch beſſer wird dies aber dadurch bewieſen, daß die Ringe, auf welche Weiſe man ſie auch unterſuchen möge, in vier aufeinander rechtwinkligen Lagen des Mittels, in welchem ſie gebildet werden, verſchwinden.

„Die Grenzen, welche wir einzuhalten gezwungen ſind, nöthigen uns zum Uebergehen mehrerer anderer Beobachtungen, die der Verfaſſer im Detail angibt und die ſich beſonders auf dieſe letzte Frage beziehen; wir beſchließen daher, um alle dieſe

John Herſchel iſt der Urheber der intereſſanten im 10. Kapitel (S. 290) über die plagiedriſchen Kryſtalle angeführten Beobachtung. (Transactions of the philosophical Society of Cambridge, 1. Bd.)

Reſultate unter einem gemeinſamen Geſichtspunkte darzulegen, dieſen Auszug mit dem Réſumé, welches Arago an das Ende ſeiner Abhandlung geſtellt hat:

„Ein Strahlenbündel directen Lichtes theilt ſich bei ſeinem Durchgange durch ein Kalkſpathrhomboeder, wie Erasmus Bartholin zuerſt beobachtet hat, in zwei weiße Bündel von gleicher Intenſität.

„Unterwirft man das Licht, woraus jedes dieſer Bündel beſteht, der Einwirkung eines zweiten Kalkſpathrhomboeders, ſo findet man, daß es nicht mehr dem directen Lichte gleicht, weil es in gewiſſen Lagen des Hauptſchnittes des zweiten Kryſtalles keine Doppelbrechung mehr erleidet. Die Entdeckung dieſer merkwürdigen Erſcheinung verdanken wir Huygens.

„Malus hat ſeitdem gefunden, daß die Lichtſtrahlen bei ihrer Zurückwerfung von durchſichtigen Körpern in analoger Weiſe modificirt werden, ſo daß ein unter einem gewiſſen Winkel reflectirter Strahl vollſtändig dem Lichte gleicht, welches durch ein Kalkſpathrhomboeder hindurchgegangen iſt.

„Aus den von uns berichteten Verſuchen ſieht man endlich, daß man außerdem dem Strahle eine ſolche Modification ertheilen kann, daß er weder dem directen Lichte, noch dem gewöhnlichen polariſirten Strahle gleicht; dieſer neue Strahl unterſcheidet ſich von dem polariſirten Lichte dadurch, daß er ſtets zwei Bilder gibt, und von dem gewöhnlichen Lichte durch die Eigenſchaft, ſtets zwei complementär gefärbte Bilder zu liefern, deren Farben von der Lage des Körpers, durch welchen der Strahl gegangen iſt, abhängen.

„Fällt ein Bündel directen Lichtes auf einen durchſichtigen Körper, ſo erleidet ein Theil ſeiner Molecüle die partielle Reflexion; ein polariſirter Strahl wird, von der Abſorption abgeſehen, gänzlich durchgelaſſen, wenn der durchſichtige Körper in einer gewiſſen Weiſe in Bezug auf die Seiten des Strahles geſtellt iſt. Die verſchiedenfarbigen Molecüle, aus denen ein weißer Strahl beſteht, werden, wenn der Strahl die eigenthümliche Modification, um die es ſich hier handelt, erlitten hat, nur ſucceſſive nach einander in der Reihenfolge ihrer Farben zurückgeworfen, während der durchſichtige Körper ſich um den Strahl dreht und dabei ſtets denſelben Winkel mit ihm bildet.

„Wenn demnach ein Bündel directen Lichtes unter einem Winkel von ungefähr 35° auf einen Glasſpiegel fällt, und man dieſen Spiegel ohne den Winkel von 35° zu ändern, um das Bündel dreht, ſo wird man finden, daß die Menge des zurückgeworfenen oder des durchgelaſſenen Lichtes in allen Lagen dieſelbe iſt; iſt aber das Strahlenbündel bereits polariſirt, ſo gibt es zwei Lagen, in denen der Körper vollſtändig durchſichtig erſcheint. Nehmen wir endlich den Fall, daß, während alle übrigen Umſtände dieſelben bleiben, ein durch eine Bergkryſtallplatte modificir-

Die Ausdehnung der Eigenſchaften der ſenkrecht auf die Axe geſchnittenen Kryſtalle auf die Schichten gewiſſer Flüſſigkeiten (S. 289), wurde 1815 von Biot gemacht.

§. 9. — Entdeckung der Geſetze der Depolariſation durch kryſtalliſirte mit der Axe parallele Blättchen. — Unterſuchungen und Experimente von Fresnel, Arago, Biot, Herſchel und Thomas Young.

Die Geſetze der Depolariſation (Kap. 9, S. 291), welche die mit der Axe parallelen Kryſtallblättchen bewirken, reduciren ſich auf folgende drei:

1) Die Drehung des Blättchens in ſeiner Ebene ändert die Farben der von einem Rhomboeder gelieferten Bilder nicht.

Dies Reſultat iſt implicite in meiner erſten Abhandlung enthalten, weil bei der Angabe aller Bewegungen, welche Aenderungen in den Farben hervorrufen, die des Blättchen in ſeiner eigenen Ebene ſich nicht erwähnt findet.

2) Die Farben der beiden Bilder ſind die der reflectirten und durchgelaſſenen farbigen Ringe Newton's.

Dies Geſetz iſt von Biot aufgeſtellt worden. Herſchel hat gezeigt, daß es nicht allgemein iſt; es hat alſo keinen Werth mehr.

---

tes Lichtbündel auf den Glasſpiegel fällt, ſo wird es ſucceſſive während jeder halben Umdrehung mit der ganzen Reihe der prismatiſchen Farben gefärbt erſcheinen, ſowohl bei der Zurückwerfung als bei der Brechung, und zwar mit der Eigenthümlichkeit, daß in demſelben Augenblicke dieſe beiden Klaſſen von Farben ſtets complementär ſind.

„Die im Vorſtehenden berichteten Verſuche beweiſen ferner, daß ſich auf kryſtalliſirten Subſtanzen farbige Ringe bilden, die nicht blos von den Aenderungen der Dicke abhängen, wie die von Newton beſchriebenen farbigen Ringe; dieſe letzteren zeigen ſich nämlich auf jedem ſehr dünnen Körper, deſſen Dicke ſich ganz allmälich verändert, wie auch die Natur des einfallenden Lichtes beſchaffen ſein möge; die anderen aber erſcheinen nur auf ziemlich dicken Bergkryſtallplatten, wenn ſie von ſchon polariſirtem Lichte beleuchtet werden; auch verſchwinden ſie viermal während einer vollſtändigen Umdrehung der Platte.

„Endlich ſieht man, daß, weil die oben erwähnte Flintglasplatte die Bilder nicht verdoppelt, Körper exiſtiren, die zwar keine Doppelbrechung beſitzen, aber ſich doch in Bezug auf die polariſirten Strahlen ſo verhalten, als ob ſie mit dieſer Eigenthümlichkeit begabt wären.“

3) In einem Krystalle von veränderlicher Dicke wiederholen sich dieselben Depolarisationserscheinungen bei Dicken, welche zunehmen, wie die Dicken der farbigen Ringe Newton's.

Wenn man mit einem Rhomboeder einen passend geschnittenen Krystall, dessen beide Flächen einen Winkel bilden, und der sich auf einen Grund von polarisirtem Lichte projicirt, untersucht, so erscheint jedes Bild von regelmäßigen mit der Kante des Prismas parallelen und von einander gleichweit abstehenden Streifen eingefaßt. Als ich dies Phänomen beschrieb, stellte ich es als einen genügenden Beweis des dritten Gesetzes hin. Die Akademie der Wissenschaften und besonders Laplace erkannten diese Demonstration nicht an. Man forderte directe Messungen der Dicken; Rumford, der in der Sitzung zugegen war, bot ein Instrument an, das von ihm zu andern Zwecken benutzt worden war und eine hinreichende Genauigkeit zu versprechen schien; man schlug auch den gewöhnlichen Comparateur vor. Infolge dieser Aufforderungen schickte ich mich an, neue Versuche anzustellen; Biot aber kam mir zuvor. Diesem letztern Physiker gehört also der Beweis des Gesetzes über die Dicken.

4) Die Farben, womit jedes Bild glänzt, können nach den Interferenzgesetzen berechnet werden, wenn man die Differenz der von dem regelmäßigen und unregelmäßigen Strahle durchlaufenen Wege in Betracht zieht.

Diese wichtige Bemerkung verdankt man Thomas Young, der sie im Quaterly Review, Jahrgang 1814, Bd. 11, S. 42 bis 49 veröffentlicht hat.

Sie hat den wahren Schlüssel zur Erklärung dieser Phänomene gegeben.

Es ist indeß gerecht, zu bemerken, daß der berühmte englische Physiker nicht erklärt hatte, weder unter welchen Umständen die Interferenz der Strahlen eintreten kann, noch warum man nur Farben sieht, wenn man die Krystallblättchen mit polarisirtem Lichte beleuchtet u. s. w. Die neuen Eigenschaften, welche mit den gewöhnlichen Interferenzgesetzen combinirt werden mußten, um eine vollständige Erklärung der Thatsachen zu erhalten, sind, wie man im 7. Paragraphen (S. 316) gesehen hat, von Arago und Fresnel entdeckt worden. Die Abhand-

lungen, in denen Fresnel die auf ſolche Weiſe aus einer einzigen Urſache hergeleitete Erklärung gegeben hat, ſind vom Jahre 1816 und 1818.

Die ſcharfſinnigen und feinen Verſuche, die ich (Kap. 11, S. 292 bis 305) in der Kritik der Theorie der beweglichen Polariſation benutzt habe, rühren von meinem berühmten Freunde Fresnel her, einem der Phyſiker unſeres Zeitalters, welche Erfindungsgabe und experimentelles Geſchick im höchſten Grade vereinigen. Ebenſo hat Fresnel die am Ende des 11. Kapitels befindlichen Formeln gegeben.

§. 10. — Entdeckung der circularen Polariſation durch Fresnel.

Die Phänomene der circularen Polariſation (Kap. 12, S. 307 bis 310) ſind von Fresnel entdeckt worden, der ſie in einer im November 1817 vor der Akademie geleſenen Abhandlung und in einem im Januar 1818 vorgelegten Supplemente beſchrieben und analyſirt hat. Die letzten Unterſuchungen des Verfaſſers über dieſen Gegenſtand ſind in das Bulletin de la Société philomatique, December 1822 und Februar 1823, aufgenommen worden.

Vierzehntes Kapitel. *)

Einzelne Beobachtungen. — Neue auf die Eigenſchaften des polariſirten Lichtes gegründete Inſtrumente.

§. 1. — Von der durch ſehr dünne Blättchen erzeugten Polariſation.

Wir haben früher geſehen, daß ſowohl der von einem Glasſpiegel durchgelaſſene als auch der von ihm reflectirte Theil eines Lichtbündels polariſirt iſt, und zwar in zwei auf einander ſenkrechten Richtungen. Mit dem Lichte, das ſich zwiſchen zwei Glaslinſen zerlegt, um daſelbſt die farbigen Ringe zu bilden, mit denen ſich Newton ſo viel beſchäftigt

*) Dieſes Kapitel findet ſich nicht in der engliſchen Ueberſetzung des Artikels Polariſation in der Encyclopaedia britannica. Die Paragraphen 1, 2, 7 und 8 ſind im Jahre 1824 geſchrieben; die übrigen ſind ſpäter zu verſchiedenen Zeiten hinzugefügt worden.

hat, verhält es sich aber nicht ebenso. Analysirt man mittelst eines Kalkspathrhomboeders das Licht der durchgelassenen Ringe, so findet man es in demselben Sinne polarisirt, wie das der reflectirten.

Welches auch der Einfallswinkel sein möge, stets erhält man, wenn das directe Licht nur durch eine einzige Glasplatte hindurchgeht, nur eine partielle Polarisation, während unter dem Winkel von ungefähr 35° das Licht der durchgelassenen Ringe vollständig polarisirt ist.

Diese Erscheinungen würden mit der Emissionstheorie sehr schwer in Einklang zu bringen sein; sie sind dagegen eine nothwendige Folgerung aus der Hypothese, daß eine in dem dünnen Blättchen zwei Mal reflectirte Welle zur Bildung der durchgelassenen Ringe beiträgt; sie scheinen sogar als ein überzeugender Beweis der Lehre von den Interferenzen betrachtet werden zu können; aus diesem Gesichtspunkte habe ich geglaubt, ihnen diesen Paragraph widmen zu müssen.

§. 2. — Von der Polarisation des Lichtes der Atmosphäre.*)

Das atmosphärische Licht, welches die blaue Farbe des Himmels bildet, ist partiell polarisirt.

In der Nähe der Sonne ist diese Polarisation kaum merklich; in dem Maaße, als man sich von diesem Gestirn entfernt, nimmt sie allmälich zu, und erreicht ihr Maximum, wenn die Winkeldistanz 90° beträgt.

Wenn ein reflectirter Lichtstrahl mit dem directen einen Winkel von 90° bildet, so hat dieser letztere Strahl den reflectirenden Spiegel unter einem halben rechten Winkel treffen müssen. 45° ist also für die Atmosphäre die Neigung, welche dem Polarisationsmaximum entspricht.

Dies Resultat ist als ein Beweis zur Stütze des im 6. Kapitel S. 263 angeführten Gesetzes dargestellt worden; man hätte aber bedenken sollen, einerseits daß in der Atmosphäre nur eine partielle Polarisation vorhanden ist, während das erwähnte Gesetz sich auf vollständige Polarisationen bezieht, und andererseits, daß die Reflexion,

*) Ueber die Zeit der Entdeckung einiger der in diesem Paragraphen erwähnten Phänomene vergl. den Anhang.

welche die Sonnenſtrahlen in einer Richtung ins Auge führt, die einen Winkel von 90° mit den directen Strahlen macht, an den Molecülen und nicht an den atmoſphäriſchen Schichten hat erfolgen müſſen; bei der Unkenntniß, worin wir uns über die Dichtigkeit dieſer Molecüle befinden, läßt ſich die Erſcheinung der atmoſphäriſchen Polariſation in keiner Weiſe mit derjenigen verknüpfen, welche die durchſichtigen Spiegel darbieten und behält einen beſondern Character.

Einige neue Eigenthümlichkeiten, die ich jetzt erwähnen will, ſcheinen mir übrigens der Aufzeichnung nicht unwerth.

Geſetzt, wir unterſuchen am Abend die Polariſation des atmoſphäriſchen Lichtes in der ganzen Erſtreckung einer durch die Sonne gehenden verticalen Ebene. Wie bereits bemerkt, nimmt die Intenſität der Polariſation allmälich zu, wenn der Viſirpunkt ſich von der Sonne von Weſten nach Oſten entfernt; das Maximum tritt bei 90° ein; weiterhin wird die Polariſation immer weniger und weniger auffällig; bald erreicht man einen Punkt, wo man keine Spur von Polariſation mehr wahrnimmt. Ueber dieſen neutralen Punkt hinaus iſt das Licht von Neuem polariſirt, aber negativ, oder mit andern Worten, rechtwinklig auf ſeine frühere Polariſationsrichtung. Wenn das von einem Rhomboeder gelieferte regelmäßige Bild von der Sonne bis zu dem neutralen Punkte hin am ſtärkſten war, ſo wird über dieſen Punkt hinaus das unregelmäßige Bild dieſelbe Eigenſchaft beſitzen.

Alle dieſe Phänomene ſind ſelbſt nach dem Untergange der Sonne ſichtbar. In dem Maaße als dies Geſtirn unter den Horizont ſinkt, erhebt ſich der neutrale Punkt mit ſolcher Regelmäßigkeit über dieſe Ebene, daß man durch die Beſtimmung ſeines Ortes ziemlich genau den der Sonne ſelbſt herleiten kann. Dies iſt, wie mir ſcheint, ein Beachtung verdienendes Reſultat.

§. 3. — Polaruhr.

Die Polaruhr iſt ein optiſches Inſtrument, welches durch die Beobachtung der Polariſationsebene, die das Licht des blauen Himmels in der Richtung des Pols beſitzt, die Stunde anzeigen ſoll. Sie gründet ſich auf das von mir entdeckte Princip, daß das Licht an einem beliebigen Punkte des Himmels in der Ebene polariſirt iſt, welche durch

das Auge des Beobachters und durch die Sonne geht; woraus sich ergibt, daß wenn der Beobachter stets nach dem Nordpol visirt, die Polarisationsebene in jedem Augenblicke mit dem Stundenkreise des Beobachtungsortes zusammenfällt.

Die Idee, die Farbenänderungen der Segmente des in einer gegebenen Richtung auf den heitern Himmel gerichteten Polariskops zur Bestimmung der Stunde zu benutzen, die Idee, eine Farbenuhr zu machen, geht bis zum Jahre 1816 zurück. In dieser Zeit unterhielt ich mich mehrere Male mit A. von Humboldt darüber; da ich indeß meines Wissens über diesen Gegenstand Nichts veröffentlicht habe, so gebührt die Ehre der Construction der Polaruhr, wie ich bereitwilligst und rückhaltslos anerkenne, ausschließlich Wheatstone, der 1849 der pariser Akademie der Wissenschaften eine von Soleil ausgeführte Polaruhr vorgelegt hat. Uebrigens unterliegt die Methode, abgesehen von den mit der Beobachtung der Farben verknüpften Unsicherheiten, sehr ernstlichen Bedenken, welche von der Art und Weise herrühren, wie die vielfachen Reflexionen die einfachen Gesetze der atmosphärischen Polarisation modificiren, wenn der Himmel partiell bedeckt ist.

Bei dieser Gelegenheit will ich an einen sehr interessanten Fall von Farbenänderung erinnern, der dadurch sehr auffallend ist, daß dieselbe auf gewissen Körpern bei heiterm Himmel mit bloßen Augen ohne Dazwischenkunft irgend eines Krystalles wahrgenommen wird.

Man lege einen dieser Körper (ich habe das Mittel zu ihrer Herstellung angegeben) in der Weise, daß er beim Untergange der Sonne z. B. zwischen die Sonne und den Punkt des Untergangs gestellt ist. Wir wollen annehmen, dieser Körper sei grün. Er wird gleichfalls grün erscheinen, wenn man, ohne an den relativen Stellungen des Auges und des Körpers etwas zu ändern, sich nach Osten wendet. Wenn man zu derselben Zeit, während Alles in Bezug auf die Lage und auf die Neigung des Gesichtsstrahls in demselben Zustande bleibt, den Körper in der Richtung nach Süd oder nach Nord betrachtet, so wird er lebhaft roth erscheinen. In den intermediären Richtungen sind die Farben des Körpers Gemenge von Roth und Grün, in denen diese beiden Strahlenarten nach einander vorwalten.

§. 4. — Modificationen, welche die Polarisation in den Absorptionserscheinungen herbeiführt.

Beim Durchgange durch alle bekannten durchsichtigen Körper erleidet das Licht eine mehr oder minder beträchtliche Absorption, welche die Physiker zu messen versucht haben, ohne aber bis jetzt eine genügende Theorie darüber geben zu können. Nach dem gegenwärtigen Zustande unserer Kenntnisse ist die Absorption vielleicht die wenigst gut erklärte Thatsache der ganzen Optik.

Jedermann weiß, daß das weiße Licht sich beim Durchgange durch eine große Zahl von festen und flüssigen Medien stark färbt; es ist in diesem Falle klar, daß ein Theil der Strahlen, aus denen jenes Licht ursprünglich zusammengesetzt war, bei seinem Durchgange durch die Molecüle des Körpers aufgehalten werden mußte. Wenn die Strahlen, welche in dem durchgelassenen Bündel fehlen, sich in dem reflectirten Bündel fänden, so würde das Phänomen leicht mit dem der farbigen Ringe in Beziehung zu setzen sein; leider ist dem aber nicht so, und um sich davon zu überzeugen, genügt die Bemerkung, daß die farbigen Mittel oft im reflectirten und im durchgehenden Lichte dieselbe Farbe zeigen. Es ist also Licht verloren gegangen, aber wie? Wollte man sagen, es wäre absorbirt worden, so hieße dies nur ein Wort durch das andere ersetzen! Nach einigen Schriftstellern ist das verlorene Licht dasjenige, welches die materiellen Molecüle des Körpers getroffen hat; der andere Theil ist in den Zwischenräumen durchgegangen; man erkläre aber nach dieser Hypothese, wie es z. B. zugeht, daß gewisse blaue Gläser gleichzeitig Strahlen absorbiren, die in dem Spectrum die Mitte des Roth, des Orange, den größten Theil des Gelb, die Mitte des Blau, das Indigo einnehmen, während alle zwischenliegenden Nüancen frei hindurch gehen. Durch welchen sonderbaren Zufall sollten die materiellen Molecüle den Weg eines gewissen rothen Strahles versperrt, dagegen in keiner Weise den Durchgang der Strahlen von derselben Farbe, die nur etwas mehr oder weniger brechbar sind, behelligt haben?

Man begegnet nicht mindern Schwierigkeiten, wenn man mit mehreren ausgezeichneten Physikern annimmt, daß die Absorption ein

chemiſches Phänomen ſei, das ebenſo wie die andern Phänomene dieſer Art von der mehr oder minder ſtarken Einwirkung abhinge, welche die Materie des Körpers auf die verſchiedenen Arten von Molecülen, aus denen das weiße Licht zuſammengeſetzt iſt, ausüben ſoll; es gibt nämlich kryſtalliniſche Subſtanzen, welche beim Durchgange des Lichtes in einer beſtimmten Richtung eine gewiſſe beſondere Farbe zeigen, während eine ganz davon verſchiedene wahrgenommen wird, wenn die Strahlen in einer andern Richtung hindurchgehen. Aus ihrer Zahl will ich vorzugsweiſe das merkwürdige von Wollaſton 1804 entdeckte Doppelſalz aus Chlorkalium und Chlorpalladium erwähnen, das parallel mit der Are des vierſeitigen Prismas, in welchem es kryſtalliſirt, ein intenſives Roth, und in einer darauf ſenkrechten Richtung ein ſehr lebhaftes Grün zeigt. Ich will auch noch den Dichroit oder Jolith, ein Tripelſilicat von Thonerde, Magneſia und Eiſenoxydul, anführen, der in der Richtung der Are ſchön blau und ſenkrecht auf dieſe Linie gelblich grau iſt.

Die Erſcheinungen, von denen ich jetzt reden will, ſind noch eigenthümlicher, und compliciren, wenn es möglich iſt, die Frage der Abſorption noch mehr; bei ihnen wird nämlich die Farbe des durchgelaſſenen Bündels ſich ändern, obgleich der Körper den einfallenden Strahlen dieſelben Flächen unter denſelben Neigungen darbietet. Um dies Reſultat herbeizuführen, reicht es hin, die Orientirung der Eintrittsfläche zu ändern, ſie in ihrer eigenen Ebene zu drehen, die Kante, welche nach links neigte, nach rechts zu bringen u. ſ. w.

Man hat gefunden, daß in manchen Stücken von doppeltbrechenden Kryſtallen die Abſorption ſowohl durch die Art der Polariſation, welche das einfallende Bündel erhalten hat, als auch durch die Lage der Are des Kryſtalles merklich modificirt wird. Ich will dieſe intereſſanten Erſcheinungen ſo kurz, als es mir möglich ſein wird, hier beſchreiben.

Gewiſſe Kryſtalle von Schwerſpath haben eine ziemlich merkliche violette Färbung. Wir zerſchneiden einen ſolchen in einer gewiſſen Richtung, ſchleifen zwei parallele Flächen an, und laſſen dann ein weißes polariſirtes Lichtbündel in einer auf dieſe beiden künſtlichen Flächen ſenkrechten Richtung durch den Kryſtall hindurchgehen. Das

Licht war bei seinem Eintritte weiß; es wird vielleicht mit einer violetten Färbung austreten. Soweit bietet der Versuch nichts Merkwürdiges dar; jedes violette Glas würde dieselbe Wirkung hervorgerufen haben. Drehte man aber dieses Glas in seiner Ebene, so würde daraus weder in der Beschaffenheit noch in der Intensität der durchgelassenen Farbe eine Aenderung hervorgehen, während eine analoge Bewegung des Krystalles, wobei Ein- und Austrittsfläche auf dem einfallenden Bündel stets senkrecht bleiben, eine totale Veränderung in der Farbe des einfallenden Bündels hervorbringen wird. Wenn also dies Bündel, wie angenommen, zuerst violett war, so wird es gelblich grün, wenn der Krystall 90° um sich selbst gedreht worden ist.

Man wird das Seltsame dieser Erscheinung vollständig erkennen, wenn man bedenkt, daß in den beiden rechtwinkligen Lagen des Krystalles das Lichtbündel auf seinem Wege von der ersten Fläche zur zweiten dieselben materiellen Molecüle angetroffen hat; daß die Stellung dieser Molecüle in Bezug auf die ursprüngliche Polarisationsebene, da sie allein geändert worden ist, auch allein die Aenderung in der Farbe des durchgelassenen Bündels veranlaßt haben kann.

Aus diesen Versuchen folgt, daß ein Bündel directen Lichtes, das man durch gewisse Schwerspathkrystalle hindurchgehen läßt, sich in einem Kalkspathrhomboeder nicht mehr in zwei ähnliche Bilder von gleicher Intensität zerlegen darf; und in der That ist das eine der Bilder violett und das andere grünlich gelb.

Weil in einer bestimmten Lage des Schwerspathkrystalles die durch ihn hindurchgehenden Strahlen, wenn sie in verschiedenen Ebenen polarisirt sind, nicht gleiche Absorptionen erleiden, so müssen die beiden Bündel, in welche sich bei seinem Eintritte in den Krystall das Licht theilt, bei ihrem Austreten ungleiche Intensitäten und Färbungen zeigen. Es ist jetzt also nicht mehr erlaubt zu sagen, daß jeder doppeltbrechende Krystall das natürliche Licht in zwei Bilder von gleicher Intensität zerlege.

Da nur die gefärbten mit Doppelbrechung begabten Krystalle die zuvor erwähnten besonderen Eigenschaften besitzen, so lag der Gedanke nahe, daß man durch Flächen, welche auf der Are senkrecht stehen, nichts Aehnliches beobachten würde; der Versuch hat diese Ver-

muthung beſtätigt. Man weiß noch nicht recht, nach welchem Geſetze die Farben variiren, wenn man allmälich von den mit der Axe parallelen Schnitten zu den auf der Axe ſenkrechten übergeht.

§. 5. — Polariſation durch Brechung des Lichtes, das die Körper ſichtbar macht. — Eigene Farbe der Körper. — Cyanometrie.

Kurze Zeit nach der Entdeckung der farbigen Polariſation erkannte ich, daß die Strahlen, welche die Körper ſichtbar machen, aus ihrem Innern kommen; ſie ſind nämlich durch Brechung polariſirt; dieſe Thatſache iſt einige zwanzig Jahre ſpäter von deutſchen Phyſikern als eine Entdeckung publicirt worden. Ich habe keine Reclamation erhoben, theils weil ich von ihren Abhandlungen keine genügende Kenntniß hatte, theils weil ich, obgleich meine Beobachtungen in allen Lehrcurſen der Phyſik in Paris bekannt waren und gelehrt wurden, glaubte, daß ich aus Nachläſſigkeit meine Beobachtung zu publiciren vergeſſen hätte; indeß habe ich gefunden, daß das Zeugniß einer Veröffentlichung mir nicht fehlte. Im 4. Bande der Annales de chimie vom Jahre 1817 habe ich nämlich S. 98 folgende Stelle geſchrieben*):

„Die Strahlen, welche die eigenthümliche Farbe der Körper bilden, kommen aus ihrem Innern. Ein Beweis dafür ſcheint beſonders darin zu liegen, daß ſie unter allen Neigungen wie durchgelaſſenes Licht polariſirt ſind, wie ich ſogar für die Farbe der Metalle gefunden habe.“

In derſelben Notiz in den Annales de chimie et de physique benutzte ich zu cyanometriſchen Meſſungen das reflectirte Licht anſtatt des durch eine Säule von Glasplatten hindurchgegangenen Lichtes, wie ich es ſeitdem angewandt habe.

Ich beharre bei der von mir gemachten Beobachtung, daß die Strahlen, welche die eigenthümliche Farbe der Körper, ſelbſt die der Metalle, bilden, aus ihrem Innern ſtammen, weil dieſe Strahlen durch Brechung polariſirt ſind.

---

*) Die Notiz des 4. Bandes der zweiten Serie der Annales de chimie et de physique iſt in den nachfolgenden Anhang aufgenommen worden.

Alles dies ist älter als die Abhandlung von Benedict Prevoſt, in welcher er ohne den Beweis zu führen behauptet, daß das Licht, welches die farbigen Körper sichtbar macht, aus ihrem Innern komme.

In eben dieſer Notiz findet sich das Mittel angegeben, die Beobachtungen über Dispersion verschiedener Körper genau vergleichbar zu machen. Dies Mittel besteht darin, mit einem blauen Glaſe nach den dunkeln Streifen zu visiren, welche dann das prismatiſche Spectrum darbietet.

Die Protokolle der Sitzungen des Längenbüreau bestätigen, daß ich am 20. Januar 1839 einen von mir über das Licht, wodurch man eine Porcellanplatte sieht, angestellten Verſuche erwähnt habe. Die Menge polariſirten Lichtes ist, wenn man außerhalb der Richtung des regelmäßig reflectirten Strahles beobachtet, dieſelbe, mag man den Körper durch neutrales Licht oder durch in beliebigem Sinne polariſirtes Licht beleuchtet haben.

Ich habe daraus geſchloſſen, daß das Licht, durch welches man die Körper sieht, unter dem Einfluße des einfallenden Lichtes gebildet wird. Es ist eine Art momentaner Phosphorescenz, welche mit der Urſache, die ſie hervorgerufen hat, verſchwindet. Dies war die Anſicht Euler's, der aber keine Beweiſe zu ihrer Stütze gegeben hatte.

Ich glaube die Phyſiker, welche meine Verſuche über das eigenthümliche Licht der Körper wiederholen wollen, gegen eine ſpecielle Fehlerquelle ſicher ſtellen zu müſſen, die mir zu ſehr Recht geben würde. Die auf unſern Glashütten angefertigten opalfarbigen Gläſer beſitzen faſt alle ſehr deutliche Aren von Doppelbrechung; ſie verhalten ſich gegen die durch ſie hindurchgehenden polariſirten Strahlen als ob ſie Doppelbrechung beſäßen, und depolariſiren ſie unter denſelben Umſtänden. Nur ſcheint in den günſtigſten Lagen dieſer Gläſer die Depolariſation nicht ſoweit zu gehen, wie bei den gewöhnlichen Kryſtallen, daß ſie in einem analyſirenden Kryſtalle zwei Bilder von vollkommen gleichen Intenſitäten erzeugen.

§. 6. — Ueber das Licht der glühenden Körper. — Anwendung auf die Unterſuchung über die phyſiſche Conſtitution der Sonne.

Am 14. Juni 1824 ſind von mir der Akademie Verſuche, die ich bereits vor längerer Zeit über das Licht glühender Körper angeſtellt hatte, mitgetheilt worden. Ich habe gefunden, daß dies Licht bei feſten oder flüſſigen Körpern durch Brechung partiell polariſirt iſt, wenn die beobachteten Strahlen mit der Austrittsfläche einen Winkel von wenigen Graden bilden. Dagegen zeigt das Licht brennender Gaſe unter keiner Neigung merkliche Spuren von Polariſation. Aus dieſen Verſuchen habe ich die Folgerung gezogen, daß ein namhafter Theil des Lichtes, welches uns die glühenden Körper ſichtbar macht, in ihrem Innern bis zu noch nicht vollſtändig beſtimmten Tiefen entſtehe. Daſſelbe Beobachtungsmittel kann zum Studium der phyſiſchen Conſtitution der Sonne benutzt werden; die Reſultate, die ich bei dieſer Unterſuchung erhalten habe, beſtätigen die Conjecturen von Bode, Schröter und Herſchel.

Dieſer Paragraph iſt wörtlich dem 27. Bande der Annales de chimie et de physique S. 89 entnommen.

§. 7. — Farbige Ringe, welche ſich im polariſirten Lichte um die optiſchen Axen der Kryſtalle bilden. — Einaxige Kryſtalle.

Es gehe ein polariſirtes Lichtbündel ſenkrecht durch eine Platte aus einem einaxigen Kryſtalle, die von zwei auf der optiſchen Axe ſenkrechten Flächen begrenzt wird, und man analyſire das austretende Licht entweder durch Reflexion auf einem in der Weiſe geſtellten Glasſpiegel, daß er die Strahlen, welche ihre urſprüngliche Polariſation behalten, frei hindurchlaſſen würde, oder durch ein Turmalinblättchen, deſſen Stellung umgekehrt eine ſolche iſt, daß es eben dieſe Strahlen aufhalten würde: ſo nimmt man nur eine einzige deutliche und gleichförmige Färbung in allen Punkten der Platte wahr, wofern wegen der kleinen Fläche oder ihres Abſtandes vom Auge die durch ſie hindurchgehenden Strahlen als parallel betrachtet werden können. Dies gilt jedoch nicht mehr, wenn die von der Pupille nach den verſchiedenen Punkten der Platte gezogenen Strahlen merklich gegen ihre

Oberfläche geneigt ſind; was nothwendig eintritt, wenn man die Platte, welches auch ihre Größe ſein möge, aus großer Nähe betrachtet. Dann erſcheint der Punkt derſelben, welchen der ſenkrechte Strahl trifft, von zahlreichen kreisförmigen farbigen Ringen umgeben, die durch ein ſchönes ſchwarzes Kreuz, deſſen Arme ſich um ſo mehr verbreitern, je weiter man ſich von dem Mittelpunkte entfernt, in vier gleiche Theile getheilt werden (Fig. 10). Die Ringe hören

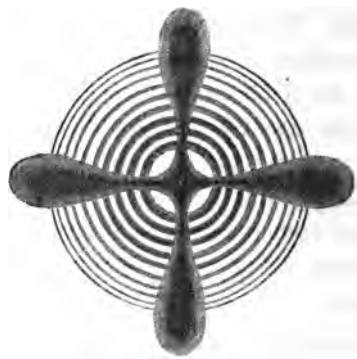


Fig. 10. — Farbige Ringe der einaxigen Kryſtalle im polariſirten Lichte.

am Kreuze auf, gehen nicht durch die Arme hindurch; ſie verſchwinden dort durch eine ſehr ſchnelle Abnahme der Intenſität.

Wendet man zu dieſem Verſuche polariſirtes homogenes Licht an, ſo ſieht man wieder zahlreiche helle Ringe; ſie beſitzen dann aber ſämmtlich nur eine einzige Farbe und ſind durch zwiſchenliegende dunkle Ringe getrennt.

Für jede Art homogenen Lichtes und für jede Subſtanz verhalten ſich in Platten von verſchiedener Dicke die Quadrate der Durchmeſſer der Ringe von derſelben Ordnung umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus dieſen Dicken.

Geſchickte Phyſiker haben lange Zeit behauptet, daß die Ringe in ſenkrecht auf die Axe geſchnittenen kryſtalliſirten Platten, wenn ſie durch weißes Licht erzeugt werden, dieſelbe Reihenfolge und Abſtufung der Farben, wie die gewöhnlichen Ringe, welche den Berührungspunkt zweier aufeinandergelegter Glaslinſen umgeben, darbieten; man

findet aber von dieser Regel viel zu auffällige Ausnahmen, als daß man nicht daraus schließen müßte, daß sie niemals vollkommen streng gilt, und daß selbst in Fällen, wo sie anwendbar scheint, man nur an die Stelle der einfachen Betrachtung des gefärbten Streifens ein weniger unvollkommenes Beobachtungsverfahren zu setzen braucht, um Anomalieen wahrzunehmen. Der unter dem Namen Apophyllit bekannte Krystall (wasserhaltiges Doppelsilicat von Kalk und Kali) ist derjenige, der vielleicht im höchsten Grade zeigt, wie sehr man sich hüten muß, die vorgeschlagene Vergleichung anzunehmen. In diesem Krystalle zeigen nämlich die im polarisirten Lichte entstehenden Ringe nicht die lebhaften und getrennten Farben der von Newton so umständlich beschriebenen Ringe, sondern erscheinen abwechselnd weiß und sehr dunkel violett, fast schwarz. Dem entsprechend findet man, wie sich erwarten ließ, daß wenn man den Versuch mit homogenem Lichte anstellt, die Durchmesser der Ringe für alle Farben fast dieselben sind. Ich füge noch hinzu, daß die sehr kleinen Differenzen, die man entdeckt, jedenfalls nicht der Ordnung der Brechbarkeiten folgen; so sind z. B. die Durchmesser der rothen Ringe genau gleich den Durchmessern des auf der Grenze von Blau und Indigo stehenden Lichtes; die Durchmesser der grünen Ringe sind etwas kleiner, und die der violetten um ein Geringes größer. In gewissen ziemlich seltenen Varietäten von Apophyllit sind die Ringe nicht gleich; aber anstatt kleiner zu werden, wenn man von den rothen Strahlen zu den brechbareren Strahlen übergeht, nehmen sie dagegen sehr schnell und dergestalt zu, daß die den Strahlen einer mittleren Brechbarkeit entsprechenden Ringe unendliche Durchmesser haben. Näher nach dem andern Ende des Spectrums hin werden die Durchmesser von Neuem endlich, aber die Durchmesser der violetten Ringe übertreffen stets um Vieles die Durchmesser der rothen Ringe. Daraus geht hervor, daß man bei Anwendung des weißen Lichtes in den zusammengesetzten Ringen dieser Varietäten des Apophyllits eine gerade umgekehrte Ordnung der Farben, als wie sie die Newton'schen Ringe darbieten, finden muß; was die Erfahrung auch bestätigt hat.

Für diejenigen, welche sich für derartige Untersuchungen interessiren sollten, bemerke ich, daß sie in dem unterschwefligsaurem Kalke

einen Kryſtall finden werden, welcher ebenfalls Ringe erzeugt, deren Farben ſich mit denen der Newton'ſchen Ringe nicht vergleichen laſſen. Der kohlenſaure Kalk, der Beryll, der Turmalin und ſelbſt das Eis werden ihnen dagegen eine von den Newton'ſchen Ringen wenig verſchiedene Vertheilung der prismatiſchen Farben liefern.

Mit bloßem Auge erſcheint die Kryſtallplatte ganz und gar weiß; der Turmalin oder der reflectirende Spiegel, deren wir uns zur Analyſe des durchgelaſſenen Bündels bedienten, haben uns nur Farben wahrnehmen laſſen, indem ſie zwei Ringſyſteme von denſelben Durchmeſſern, deren Farben complementär waren und ſich bis dahin neutraliſirt hatten, in verſchiedenem Grade ſtebten.

Da die beiden Ringſyſteme in zwei rechtwinkligen Ebenen polariſirt waren, ſo mußte, wenn der eine Strahl durch den Spiegel oder den Turmalin frei hindurchging, der andere reflectirt [oder reſpective abſorbirt] werden. Will man beide Syſteme gleichzeitig wahrnehmen, ſo muß man die Platte mit einem doppeltbrechenden Kryſtalle betrachten; wenn dann das eine Syſtem das regelmäßige Bild erzeugt, geht das andere ganz in das unregelmäßige über; wenn das erſte ein ſchwarzes Kreuz darbietet, zeigt das zweite ein weißes Kreuz von gleichen Dimenſionen u. ſ. w.

Bisjetzt habe ich angenommen, die Begrenzungsflächen der zum Verſuche gewählten Platte ſtänden ſenkrecht auf der Axe des Kryſtalles und würden von dem polariſirten Bündel rechtwinklig getroffen; in dieſem Falle erhielten die Ringe aller Farben eine genau kreisförmige Geſtalt; wenn aber eine dieſer Bedingungen oder alle beide nicht mehr erfüllt werden, ſo nehmen die Ringe eine elliptiſche Form an.

Die beſchriebenen Farbenerſcheinungen, die ſich durch die Bildung von Ringen kund geben, lehren in Betreff der Modificationen, welche das polariſirte Licht beim Durchgange durch kryſtalliſirte Blättchen erleidet, nichts Neues; ſie zeigen nur auf einen Blick die Wirkungen, die aus den verſchiedenen Neigungen hervorgehen, welche die durchgegangenen Strahlen mit der Axe des Blättchens machen, was unter gewiſſen Umſtänden bequem ſein kann; denn als der Kryſtall wegen des nahe ſtattfindenden Parallelismus des beleuchtenden Bündels nur eine einzige Farbe zeigte, war zur Unterſuchung der Reihenfolge

der prismatischen Farben für jede Neigung ein specieller Versuch erforderlich. Das schwarze Kreuz selbst erfordert kaum eine besondere Bemerkung: wer sollte nämlich nicht bemerkt haben, daß es nichts weiter ist als die Reihe von Punkten des Krystalles, deren Lage in Bezug auf das Auge so beschaffen ist, daß die durch dieselben hindurchgehenden Strahlen ihre ursprüngliche Polarisation behalten?

§ 8. — Zweiaxige Krystalle.

Die einaxigen Krystalle geben stets nur ein Ringsystem; zwei getrennte Ringsysteme existiren in den zweiaxigen Krystallen; man kann sie aber nicht immer gleichzeitig sehen.

Um die Ringe in den Krystallen, mit denen wir uns zuvor beschäftigt haben, wahrzunehmen, genügte es, daß in dem polarisirten und durch die Platte hindurchgegangenen Bündel ein Strahl die Richtung der Axe verfolgte, und zu denen gehörte, welche ins Auge gelangten.

Genau dieselbe Bedingung muß in den zweiaxigen Krystallen erfüllt werden. Wenn von den durch die Platte hindurchgegangenen und im Gesichtsfelde befindlichen Strahlen zwei sich in den Richtungen der beiden optischen Axen bewegt haben, so wird um jeden dieser Strahlen ein Ringsystem sichtbar. Will man die beiden Ringsysteme mit einem Blicke vergleichen, so muß man also, um nicht genöthigt zu sein, sehr schief durch den Apparat zu blicken, solche Krystalle wählen, deren beide Axen unter einander nicht zu große Winkel bilden. Zu diesen Krystallen gehört z. B. der Salpeter.

Dies Salz krystallisirt in der Form eines sechsseitigen Prismas und seine zwei optischen Axen liegen in einer mit der geometrischen Axe des Prismas parallelen Ebene.

Schneiden wir einen prismatischen Salpeterkrystall durch zwei auf seine geometrische Axe senkrechte Ebenen, welche 4 bis 6^{mm} von einander abstehen, und bringen die dadurch gebildete Platte gerade wie früher, entweder zwischen zwei reflectirende Spiegel, oder zwischen zwei Turmaline: so werden wir ein Ringsystem von größter Schönheit um jeden der beiden Punkte der Platte wahrnehmen, die man mit dem Namen der Pole bezeichnet hat, und in denen die Platte von den

den Verlängerungen der beiden optiſchen Aren liegenden Geſichtsſtrahlen getroffen wird. Betrachtet man die Erſcheinung aufmerkſam, ſo wird man zuerſt um jeden Pol eine gewiſſe Anzahl iſolirter Ringe wahrnehmen; darauf wird man einen Ring des erſten Syſtems entdecken, der mit ſeinem Umfange einen Ring des benachbarten Syſtems berührt, ſo daß die Vereinigung beider eine Art 8 bildet; weiterhin werden beide Pole von einem einzigen Ringe umſchloſſen, der aber um die Mitte der Linie, welche die beiden Pole trennt, eine ſehr merkliche Einbiegung darbietet.

In den folgenden Ringen wird dieſe Einbiegung immer weniger merklich, und endlich zeigen die Ringe nur eine einzige Krümmung. Die hier beigefügte Zeichnung (Fig. 11) wird weitere Erläuterungen überflüſſig machen.

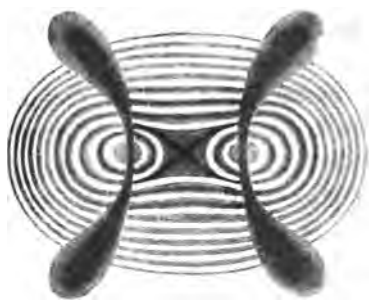


Fig. 11. — Farbige Ringe der zweiarigen Kryſtalle im polariſirten Lichte.

Wenn man die Salpeterplatte in ihrer eigenen Ebene dreht, ſo drehen ſich die Ringe ebenfalls mit; ſie behalten genau dieſelbe Geſtalt und Lage in Bezug auf die Pole oder die Molecüle des Kryſtalls; es zeigen ſich nur Aenderungen in der Intenſität. Die ſchwarzen Streifen verhalten ſich dagegen nicht in gleicher Weiſe.

Die Ringe der zweiarigen Kryſtalle können, ſelbſt wenn man nur ein Syſtem ſieht, auf den erſten Blick von den Ringen der einarigen Kryſtalle unterſchieden werden. Letztere werden ſtets von den vier rechtwinkligen Armen eines ſchwarzen Kreuzes, deren gemeinſchaftlicher Urſprung das Centrum der Ringe iſt, durchſchnitten; während die

erstern nur in ihren Polen von einem schwarzen Streifen, der je nach der Lage des Krystalls gerade oder gekrümmt ist, durchschnitten werden.

§ 9. — Von den farbigen Ringen.

Die Abhandlung, die ich 1811 über die farbigen Ringe geschrieben hatte, ist nur zum Theil in dem 3. Bande der Mémoires d'Arcueil im Jahr 1817 *) gedruckt worden. Sie enthält folgende wichtige Thatsachen:

Die Strahlen, welche die farbigen Ringe zwischen zwei Linsen aus gewöhnlichem Glase in reflectirtem Lichte bilden, sind unter denselben Neigungen polarisirt, wie das gewöhnliche Licht; anders verhält es sich mit den Strahlen, woraus die durchgelassenen Ringe bestehen. Werden diese Strahlen unter einer passenden Neigung untersucht, so erscheinen sie ebenfalls polarisirt, aber in demselben Sinne, wie die Strahlen der reflectirten Ringe, während das gewöhnliche Licht unter gleichen Umständen eine Polarisation durch Brechung, deren Richtung also auf der Polarisationsebene der reflectirten Strahlen senkrecht steht, erleidet.

Unter dem Winkel von 35° bilden senkrecht auf die Reflexionsebene polarisirte Strahlen durchaus keine Ringe. Wollte man also die Newton'sche Erklärung festhalten, so würde man unvermeidlich zu der Voraussetzung gezwungen werden, daß die Lichtstrahlen unter gewissen Umständen die Eigenschaften der sogenannten Anwandlungen verlören. Die um den Berührungspunkt einer gewöhnlichen Glaslinse und eines Metallspiegels erzeugten Ringe sind unter dem Winkel von 35° polarisirt, gerade so als ob sie um den Berührungspunkt zweier Glaslinsen gebildet wären; aber unterhalb des Polarisationswinkels sind die beiden durch einen doppeltbrechenden Krystall sichtbaren Bilder einander unähnlich. Alle in dieser Beziehung gemachten Beobachtungen beweisen im vollständigen Gegensatze zu den Newton'schen Ansichten, daß die brechenden Kräfte der Körper, zwischen welchen das dünne Blättchen enthalten ist, einen großen Einfluß auf das Phänomen der Ringe ausüben.

*) Sie findet sich im Anfange des X. Bandes der sämmtlichen Werke.

Ich hatte die Uebereinstimmung meiner Beobachtungen mit der Young'schen Theorie der Ringe, die sich auf die Lehre von den Interferenzen stützt, besonders in Bezug auf die Polarisationswinkel nachgewiesen; der Theil meiner Abhandlung, worin meine Argumente entwickelt waren, hat jedoch den in der Druckerei von Perronneau einquartierten Kosaken zum Anzünden ihrer Pfeifen gedient.

Die erwähnte Abhandlung enthält den strengen Beweis der in dem Emissionssysteme nothwendig wahren Thatsache, die aber auch nach dem Undulationssysteme nicht weniger leicht zu begreifen ist, daß die zwischen zwei gewöhnlichen Glaslinsen sich bildenden durchgelassenen und reflectirten Ringe genau dieselbe Intensität besitzen. Diese Gleichheit kann bei der Beurtheilung der gleichen Intensität zweier weißer Lichtbündel, welche die beiden Linsen gleichzeitig beleuchten, als Kriterium benutzt werden. Jene Abhandlung, welche unstreitig neue und merkwürdige Thatsachen zu den von Hooke und Newton entdeckten hinzufügt, ist meines Dafürhaltens nicht so oft citirt worden, als es hätte geschehen können; doch darf ich wohl ohne Zweifel die wörtliche Wiederholung (reproduction textuelle) meiner Versuche durch berühmte Autoren (z. B. durch Airy), die es nicht für gut erachtet haben, die ältere Veröffentlichung in dem 3. Bande der Mémoires d'Arcueil zu erwähnen, als eine Anführung betrachten.

Seit dem Drucke meiner ersten Abhandlung im Jahr 1817 habe ich fast nichts Wesentliches zu meinen ersten Resultaten hinzugefügt. Nur nachdem Thomas Young gezeigt hatte, daß wenn die zwischen den beiden Glaslinsen enthaltene Flüssigkeit eine zwischen den Brechungen der beiden Linsen liegende Brechung besitzt, der centrale Flecken der Ringe weiß wird: habe ich durch Anwendung von Cassiaöl bewiesen, daß dieser centrale Flecken wieder schwarz wird, wenn das eingeschaltete Medium eine stärkere Brechung als die beiden Linsen besitzt.

§ 10. — Das Licht der Höfe ist durch Brechung polarisirt.

In der Sitzung vom 11. April 1825 habe ich der Akademie in einer Notiz, die im 29. Bande der Annales de chimie et de physique angeführt ist, mitgetheilt, daß ich bei der Untersuchung eines Hofes, der die Sonne gegen 11 Uhr Morgens umgab, mittelst eines

von mir erfundenen Instrumentes in dem Lichte dieses Hofes unzweideutige Spuren einer Polarisation durch Brechung erkannt habe. Dieser Versuch schließt jede auf eine Reflexion gegründete Erklärung des Phänomens aus.

Ich habe hinzugefügt, daß ich durch dasselbe Beobachtungsverfahren erkennen zu können hoffte, wann eine Wolke Eistheilchen enthält.

Zur Anstellung dieser Beobachtung habe ich mein gewöhnliches im 2. Bande der populären Astronomie S. 92 beschriebenes Polariskop angewandt.

§ 11. Instrument zur Wahrnehmung der Klippen.

Nach den in diesem Aufsatze enthaltenen Details wird der Leser ohne Schwierigkeit begreifen, wie das aus einer Röhre und einem Turmalin bestehende Instrument wirkt, das ich am 2. December 1835 dem Längenbureau vorgelegt habe. Der Turmalin beseitigt das von der Oberfläche des Wassers reflectirte Licht, und gestattet folglich die auf dem Grunde befindlichen Gegenstände zu sehen. An einem andern Orte habe ich die Verwendung, welche man von diesem Instrumente machen kann, angegeben. (Bd. 9 der sämmtl. Werke S. 62 und 449.)

§ 12. — Verwendung des Polarimeters zum Studium der atmosphärischen Optik bei Luftfahrten.

Die Aufsteigungen in der Atmosphäre mittelst Luftballons können zur Lösung der wichtigsten Probleme der atmosphärischen Optik dienen. Bisher hat man bei den wirklich ausgeführten oder blos projectirten Luftfahrten fast nur an die Aenderungen des Thermometers und des Hygrometers, so wie an elektrische, magnetische und eudiometrische Messungen gedacht; an Seilen gefesselte Ballons würden aber ein Mittel gewähren, um außerdem auch die Gesetze der Vertheilung des Lichtes in der Atmosphäre, sowohl im neutralen, als im polarisirten Zustand zu studiren.

Die relative Menge des in irgend einem Lichtbündel enthaltenen polarisirten Lichtes läßt sich mittelst eines sehr einfachen, leicht trag-

baren und handlichen Instrumentes, das ich construirt und mit dem Namen eines Polarimeters belegt habe, bestimmen; dies Instrument ist das 1811 von mir vorgeschlagene Polariskop, dem noch ein besonderer Theil angefügt ist. Das Polariskop wird durch die bloße Hinzufügung einer oder mehrerer Glasplatten mit parallelen Flächen, die vor das ältere Instrument gesetzt werden, zum Polarimeter. Diese Platten sind beweglich; ein getheilter Kreis läßt erkennen, unter welcher Neigung das Licht sie vor seinem Eintritte in das eigentliche Polariskop durchdrungen hat. Die relative Menge des in dem untersuchten Lichtbündel enthaltenen polarisirten Lichtes ergibt sich aus dem Winkel, auf welchen man die Glasplatten einstellen muß, um keine Spur von Farbe durch den ganzen Apparat mehr wahrzunehmen.

Die angegebene Einrichtung ist für tragbare Polarimeter, welche die Reisenden in der Hand halten sollen, die passendste. Man wird diesem Instrumente aber, sobald es wünschenswerth ist, eine andere Form geben können, sobald es zum Gebrauche auf einer Sternwarte oder in einem physikalischen Cabinete bestimmt ist. Man kann es dann an einem soliden Fußgestelle befestigen, und die eine oder die mehreren vor dem Polariskope angebrachten Glasplatten auch in einer constanten Neigung gegen die Gesichtslinie feststellen, wofern man nur vor dieselben eine krystallinische Platte mit parallelen Flächen, z. B. eine Bergkrystallplatte mit passend gerichtetem Hauptschnitte stellt. Durch eine Umdrehung dieses ganzen Apparats um die Axe des Polariskops läßt sich das Verschwinden der Farben herbeiführen; die Größe dieser Drehung steht ebenso wie die Neigung der Platten des tragbaren Instrumentes mit der relativen Menge polarisirten Lichtes in dem analysirten Bündel in genauem Zusammenhange.

Um z. B. zu zeigen, welche eigenthümlichen Aufgaben man mittelst des Polarimeters und verschiedener photometrischer Tafeln zu lösen im Stande sein wird, will ich bemerken, daß bei zerstreuten Wolken ein mit jenem Instrumente versehener Beobachter, ohne seinen Ort zu verändern, die Dicke der Luftschicht, die ihn von einer Wolke trennt oder im ungünstigsten Falle einen Grenzwerth, welchen diese Dicke nicht überschreiten würde, zu bestimmen vermag. Die nothwendigen Stücke zu einer solchen Bestimmung sind: 1) die Zahl, welche man

erhält, wenn man die Intenſität des aus der heiteren unbegrenzten Atmoſphäre in einer wenig von dem Rande der Wolke entfernten Richtung kommenden Lichtes mit der Intenſität desjenigen Lichtes dividirt, das von eben dieſer Wolke und der begrenzten zwiſchen der untern Fläche der Wolke und dem Auge des Beobachters liegenden atmoſphäriſchen Schicht herrührt; 2) die Zahl, welche die relative Menge der in dem erſtern dieſer beiden Lichter (in dem unbegrenzten atmoſphäriſchen Lichte) enthaltenen polariſirten Strahlen angibt; 3) die Zahl, welche die relative Menge der in dem zweiten Lichte (in dem Lichte der Wolke und der die Wolke von dem Beobachter trennenden atmoſphäriſchen Schicht zuſammengenommen) enthalten iſt. Dieſe beiden letzten Zahlen werden durch das Polarimeter gegeben; das Verhältniß der Intenſitäten beſtimmt man durch das Photometer. Ich habe übrigens gefunden, daß das Licht der Wolken nicht merklich polariſirt iſt; dieſe Thatſache wurde von mir am 1. Auguſt 1838 dem Längenbureau mitgetheilt, und iſt 1850 von Barral bei ſeinen mit Birio ausgeführten aeroſtatiſchen Reiſen vollkommen beſtätigt worden.*)

Die angezeigten Verfahren ſind von Meſſungen von Standlinien und Parallaxen völlig unabhängig; ſie werden zur Beſtimmung der Entfernung der Gebirge angewandt werden können, ſelbſt wenn dieſelben mit Schnee bedeckt ſein ſollten. Doch wird man, bevor dieſelben praktiſch brauchbar werden, große Lücken in der atmoſphäriſchen Photometrie ausfüllen müſſen. Dazu werden beſonders ſchwarze an Seilen gehaltene Luftballons und meine neuen Inſtrumente nützlich ſein. Die ſchwarzen Ballons werden bei den meiſten dieſer Verſuche keinen Beobachter zu tragen brauchen, inſofern ſie blos beſtimmt ſind den Dienſt von Schirmen zu verſehen, welche, ſucceſſive in verſchiedene Höhen geſtellt, das Licht von mehr oder minder beträchtlichen Stücken der geſammten Atmoſphäre aufhalten. Die Luftſchiffer werden nur erfordert, um zu verificiren, ob die Beobachtungen über das durch künſtliche Wolken hindurchgelaſſene nicht polariſirte Licht in jeder Beziehung auf die natürlichen Wolken anwendbar ſind; ob in dem Lichte einer

*) Vergl. Bd. 9, S. 408 und 412.

heitern Atmosphäre die relative Menge der polarisirten Strahlen dieselbe ist, welches auch die Höhen sein mögen, und wie in jedem Falle diese relative Menge sich ändert.

§ 13. — Ueber die Interferenzen des Lichtes, als ein Mittel zur Lösung verschiedener sehr schwieriger Fragen der Physik, sowie als Grundlage zur Construction neuer meteorologischer Instrumente.*)

Wenn zwei aus einer gemeinschaftlichen Quelle stammende Bündel weißen Lichtes sich in einem und demselben homogenen Mittel fortgepflanzt und dabei fast gleiche Wege zurückgelegt haben, so erzeugen sie überall, wo sie sich unter kleinen Winkeln durchkreuzen, ein aus einer Reihe vollkommen sichtbarer dunkler und heller Streifen gebildetes System. Der mittelste Streifen zeigt unter allen am wenigsten Farben und ist durch dieses Merkmal leicht zu erkennen. An dem Orte, welchen er einnimmt, haben die interferirenden Strahlen genau gleiche Wege zurückgelegt; zu beiden Seiten dieses mittleren Streifens ist Alles an Form, Intensität und Farbe symmetrisch.

Bereits vor vielen Jahren habe ich gefunden, daß der Ort der Streifen, welche auf angegebene Weise durch die Interferenz zweier Lichtbündel entstehen, nicht allein von den Längen der durchlaufenen Wege abhängt. Als ich in der Luft ein äußerst dünnes Glasblättchen in die Bahn eines der Bündel stellte, sah ich die Streifen sich nach der Seite des Blättchens verschieben. Dieser vielfach mit allen möglichen festen, flüssigen und gasförmigen Medien wiederholte Versuch führte zu einem Gesetze, welches die Größe der Verschiebung der Streifen mit der brechenden Kraft und mit der Dicke des durchsichtigen Körpers, durch welchen nur das eine der beiden Bündel hindurchgegangen ist, verknüpft.

Sobald ich dies völlig neue Verfahren, die brechende Kraft der durchsichtigen Körper zu messen, entdeckt hatte, dachte ich daran, dasselbe zur Ermittelung der brechenden Kraft der feuchten Luft anzuwenden; es hatte nämlich ein großes Interesse mit Bestimmtheit zu wissen, ob das Hygrometer bei der Berechnung der astronomischen Re-

*) Am 25. Mai 1840 der Akademie der Wissenschaften mitgetheilte Notiz.

fractionen eine Rolle spielen müsse. Es war dies eine bereits von zwei Mitgliedern der Akademie behandelte Frage: erstens von Laplace, mittelst der allgemeinen Voraussetzung, daß die Flüssigkeiten und die Dämpfe, welche aus jenen sich bilden, dasselbe Brechungsvermögen besäßen, eine nach der Emissionstheorie sehr plausible Voraussetzung, die aber spätere Untersuchungen keineswegs bestätigt haben; und zweitens von Biot infolge der mit der ganzen Genauigkeit, welche die angewandte Methode gestattete, ausgeführten Versuche. Fresnel verband sich mit mir zur Ausführung des von mir projectirten Versuchs, die in folgender Weise bewerkstelligt wurde:

Zwei dünne Glasröhren von ungefähr 1 Meter Länge wurden wie die beiden Rohre eines doppelläufigen Gewehrs dicht neben einander befestigt. An jedem Ende wurden diese beiden Röhren durch eine einzige Glasplatte mit parallelen Flächen verschlossen. Den Substanzen, welche der Untersuchung unterworfen werden sollten, gestatteten Hähne den Eintritt. Wenn die beiden Röhren Luft von einerlei Dichtigkeit, Temperatur und Feuchtigkeitsgrade enthielten, so erzeugte das aus der rechten Röhre kommende Bündel bei seinem Zusammentreffen mit dem aus der linken Röhre austretenden Bündel farbige Streifen, deren Ort genau mit dem Orte der Streifen zusammenfiel, welche aus der Wirkung derselben Strahlenbündel entstanden, wenn sie sich in freier Luft fortgepflanzt hatten. Wenn dagegen bei unverändert gehaltener Spannkraft der Gase in den beiden Röhren, in die eine Chlorcalcium, in die andere Wasser gebracht, und dadurch die Luft in der ersten völlig ausgetrocknet, in der zweiten aber mit Dämpfen vollständig gesättigt wurde, so nahmen die Streifen, welche durch die Interferenz des durch die trockene und des durch die feuchte Luftschicht von 1 Meter Länge hindurchgegangenen Strahlenbündels entstanden, nicht mehr den Ort der in freier Luft erzeugten Streifen ein; die Einschaltung der Röhren bewirkte eine erkennbare Verschiebung: eine Verschiebung um anderthalb Streifen. Diese Verschiebung erfolgte stets nach der Seite der trockenen Luft.

Diese Richtung der Verschiebung bewies zunächst auf ganz unbestreitbare Weise, daß die trockene Luft eine größere brechende Kraft

beſaß als die feuchte. Es blieb nur noch übrig, mit Genauigkeit den Unterſchied anzugeben.

Aus dem oben erwähnten Geſetze oder auch aus Verſuchen über die Verminderung des Druckes, welche man in einer der Röhren erzeugen mußte, um die Streifen um $1^1/_2$ Streifenbreite nach der entgegengeſetzten Seite zu verſchieben, ließ ſich direct der Unterſchied der brechenden Kräfte der beiden Luftmaſſen herleiten. Es wäre indeß möglich geweſen, daß eine dünne Feuchtigkeitsſchicht ſich auf der inneren Oberfläche der beiden Gläſer in den vor der Röhre mit feuchter Luft befindlichen Theilen niedergeſchlagen hätte, und würde eine ſolche Schicht, auch wenn ſie noch ſo dünn wäre, eine wichtige Rolle bei dem Phänomen ſpielen: ſie würde den größten Theil der geſuchten Wirkung verdecken. Dies iſt das Bedenken, welches Fresnel abhielt, zur Stütze unſerer Folgerung, die wir aus unſerm gemeinſchaftlichen Verſuche gezogen hatten, eine Zahl anzugeben.

Dies Bedenken habe ich ſeitdem vollſtändig gehoben, indem ich den ältern Verſuch mittelſt zweier anderer Röhren wiederholte, deren eine trockene und die andere feuchte Luft enthielt und deren Enden dabei durch dieſelben beiden Glasplatten verſchloſſen waren, die wir früher angewandt hatten; dies Mal waren die Röhren aber nicht 1 Meter, ſondern nur 1 Centimeter*) lang. Da der Einfluß eines Unterſchiedes in den brechenden Kräften der beiden Luftarten auf dieſe Weiſe faſt ganz eliminirt war, ſo konnte nur noch die Wirkung der auf den innern Flächen der beiden Glasplatten vor der feuchten Röhre niedergeſchlagenen Waſſerſchicht übrig bleiben; dieſe Wirkung war ſtets unmerklich. Die mit den beiden Röhren von 1 Meter Länge beobachtete Verſchiebung um anderthalb Streifen rührte alſo ausſchließlich von dem Unterſchiede in den brechenden Kräften der trocknen und der mit Feuchtigkeit geſättigten Luft her. Dieſer Unterſchied war bei 27° C. ſo beſchaffen, daß wenn man für die trockne Luft als Verhältniß des Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels beim Uebergange des Lichtes aus dem leeren Raume in die Luft die Zahl

1,0002945

*) Die Bd. X. S. 262 gemachten Angaben ſtimmen nicht genau mit den obigen Relationen überein. Anm. d. d. Ausg.

nahm, dies Verhältniß für den Uebergang aus dem leeren Raume in die feuchte Luft

1,0002936

wurde.

Es war eigenthümlich, daß ein Unterschied in der sechsten Decimale des Brechungsexponenten mittelst Versuche dargethan wurde, bei welchen kein Strahl eine Brechung erlitten hatte. Ich setze hinzu, daß, da die Genauigkeit der Methode mit der Länge der angewandten Röhren proportional ist, kein Hinderniß noch weiter zu gehen vorliegen würde.

Dieser Versuch muß noch eine Ergänzung erhalten; es handelt sich darum zu erfahren, ob die Wärme auf die Brechung der Luft einen Einfluß ausübt, welcher von der ausdehnenden Eigenschaft derselben unterschieden werden kann und muß. Dieser Zweifel verdient um so mehr gehoben zu werden, als das heiße Glas stärker als das kalte bricht.

Man muß ferner, um in der so wichtigen und schwierigen Frage der astronomischen Refractionen Nichts unbestimmt zu lassen, den Einfluß der ruhenden und der bewegten Electricität untersuchen. Dies Alles ist jetzt zugänglich, und kann schnell aufgeklärt werden.

Ich will jetzt in der Kürze noch einige andere Anwendungen, deren die Methode fähig ist, andeuten.

Nehmen wir eine luftleer gemachte Röhre von einer gewissen Länge, die an ihren beiden Enden durch Glasplatten hermetisch verschlossen ist, und wählen diese beiden Glasplatten, so wie eine dritte bewegliche Glasplatte, welche dicht neben die Röhre in die Bahn des äußern Bündels gestellt wird, in passender Weise, so läßt es sich einrichten, daß infolge einer Compensation durch die Interferenz des ersten durch den leeren Raum und des andern durch die äußere Luft gegangenen Bündels sich ganz in derselben Weise Streifen bilden, als ob die beiden Bündel sich in einem gleichartigen Mittel fortgepflanzt hätten. Wenn nun blos die brechende Kraft der äußern Atmosphäre sich ändert, so werden die Streifen sich verschieben; die Verschiebung wird nach der leeren Röhre hin erfolgen, wenn die brechende Kraft sich vermindert, und im entgegengesetzten Sinne, wenn dieselbe wächst. Ein solches

Inſtrument würde alſo auf den Sternwarten anſtatt des Barometers und Thermometers zur Ermittelung der brechenden Kraft der Atmoſphäre verwendet werden können. Die Beobachtung ließe ſich in der Höhe des Objectivs des aſtronomiſchen Inſtrumentes ausführen und dürfte auf dieſe Weiſe den endloſen Streitigkeiten darüber, ob man bei der Berechnung der Refractionen das äußere oder das innere Thermometer in Rechnung ziehen ſoll, ein Ziel ſetzen.

Die Brechung der Luft iſt eine Function ihres Druckes und ihrer Temperatur. Wenn bei conſtant erhaltenem Drucke die Temperatur um einen einzigen Centeſimalgrad ſteigt, ſo verſchieben ſich in einem Inſtrumente von 1,1 Meter Länge die Streifen um mehr als zwei ganze Streifen. Dieſe Verſchiebung läßt ſich bis auf $^1/_{10}$ Streifen genau meſſen; das in Rede ſtehende Inſtrument kann alſo in Verbindung mit dem Barometer dienen, um die Temperatur der Luft bis auf ungefähr $^1/_{20}$ Grad zu beſtimmen.

Durch Verlängerung der luftleeren Röhre würde dieſe außerordentliche Empfindlichkeit ins Unendliche geſteigert werden können; doch iſt dies einer der geringſten Vortheile der Methode. Da auf ein Thermometer die Strahlung des Himmels, des Bodens und der übrigen umgebenden Gegenſtände einen Einfluß ausübt, ſo gibt es niemals die Temperatur der Luft; dagegen iſt das aus einer Eigenſchaft der Atmoſphäre, die eine Function ihrer Temperatur iſt, hergeleitete Reſultat gegen alle dieſe Fehlerquellen vollſtändig geſichert.

Wollte man ſich auf Reiſen mit atmoſphäriſchen Temperaturen begnügen, wie man ſie gegenwärtig mit dem Thermometer beſtimmt, ſo würde die leere Röhre als Barometer dienen können. Eine Röhrenlänge von 1 Meter würde geſtatten, Aenderungen im Atmoſphärendrucke bis auf $^1/_5$ Millimeter zu ſchätzen. Ein Barometer ohne Flüſſigkeit wäre ſicherlich ein ſehr merkwürdiges Ding; die Reiſenden würden indeß beſonders ſeine geringe Zerbrechlichkeit beachten.

Meine Methode, die Refraction zu beſtimmen, wird zur Ermittelung des Zuſtandes der Atmoſphäre in allen Abſtänden von erhitzten oder nicht erhitzten Körpern dienen können; ferner zur weiteren Verfolgung der intereſſanten Verſuche Faraday's über die begrenzten Atmoſphären des Queckſilbers und deren Dichtigkeitsabnahme mit der Ent-

fernung von dieſer Flüſſigkeit; vielleicht ließe ſich mit hinreichend langen Röhren ſelbſt der Einfluß der riechenden Subſtanzen ſichtbar machen.

Da zur Beobachtung ein Augenblick genügt, ſo darf man ſelbſt hoffen, daß wenn man die leere Röhre in paſſender Weiſe in Bezug auf den Ausgangspunkt ſtarker Erſchütterungen ſtellt, man dem Auge mehrere Eigenſchaften der Schallwellen ſichtbar zu machen im Stande ſein wird.

Was die Flüſſigkeiten betrifft, ſo geht aus bereits angeſtellten Verſuchen hervor, daß man durch die Beobachtung der Streifen, ſelbſt in der Nähe des Dichtigkeitsmaximums, Aenderungen in der Brechung des Waſſers, welche $^1/_{40}{}^0$ C. entſprechen, beſtimmen kann. Wer ſieht hierin nicht ein neues und äußerſt genaues Mittel, um die Fortpflanzung der Wärme in dieſen Körpern zu ſtudiren, ohne daß man von jetzt an durch Einführung der Kugel und Röhre eines Thermometers in ihre Maſſe deren Zuſammenhang zu unterbrechen braucht? Dieſelbe Bemerkung läßt ſich auf die Unterſuchung der Fortpflanzung der Wärme durch durchſichtige feſte Körper anwenden.

Endlich können auch ſelbſt die Zunahmen der brechenden Kraft des Waſſers und des Glaſes, welche aus einer Zuſammendrückung dieſer Körper hervorgehen, mittelſt der neuen Inſtrumente wahrgenommen werden. Mit einer 1 Meter langen Röhre wird die Compreſſion des Waſſers für jede zwei Hundertſtel eines Atmoſphärendruckes ſichtbar ſein; bei einem Glasſtabe von gleicher Länge wird $^1/_{10}$ Atmoſphärendruck merklich werden.

Das optiſche Barometer, Thermometer oder Refractionsinſtrument hat bereits alle wünſchenswerthe Bequemlichkeit, wenn es in einem dunkeln Zimmer benutzt werden ſoll. Für den gewöhnlichen Gebrauch und für ſeine Verwendung auf Reiſen müßte es ohne Zweifel noch verſchiedene Verbeſſerungen erhalten. An die Stelle des compenſirenden, um den Mittelpunkt eines getheilten Kreiſes drehbaren Glaſes, wie ich es von meinen erſten Interferenzverſuchen an gebraucht habe, wird man vielleicht eine Art Glas mit parallelen Flächen, aber von veränderlicher Dicke, das Babinet ausgedacht hat, ſetzen können. Dies Glas beſteht aus zwei Prismen von demſelben Winkel, welche in entgegengeſetztem Sinne an einander gelegt ſind; die Lichtſtrahlen durch-

bringen es ſtets ſenkrecht, und ſeine Geſammtdicke wird allmälich in dem Maaße kleiner, als durch eine geradlinige Verſchiebung die beiden Prismen, die anfangs ſo geſtellt ſind, daß die Kante des einen mit der Baſis des andern zuſammenfällt, ſich der Lage nähern, wo die Kanten ſelbſt auf einander fallen würden. Es iſt ferner noch übrig, ein einfaches Verfahren ausfindig zu machen, wie die Mechaniker ohne allzu langwieriges Probiren zur Herſtellung vortheilhafter Interferenzbedingungen von Lichtſtrahlen gelangen können, welche, bevor ſie die Loupe erreichen, in deren Brennpunkte die Streifen ſich bilden ſollen, um mehrere Centimeter von einander getrennt ſind. Was das Verfahren bei Flüſſigkeiten anlangt, ſo müſſen die zu ihrer Aufnahme beſtimmten Röhren nach ihrer Anfertigung bei allen Temperaturen dieſelben Längen beſitzen. Ich füge endlich noch hinzu, daß die Möglichkeit bei der Erzeugung der Streifen das zerſtreute atmoſphäriſche Licht dem Sonnen- oder künſtlichen Lichte zu ſubſtituiren, bereits durch zahlreiche Beugungsapparate bewieſen iſt, die ein geſchickter Künſtler, Soleil, ſeit langer Zeit den phyſikaliſchen Cabineten liefert.

Ich habe vermieden, in irgend einem Punkte die neuen Inſtrumente mit dem Undulationsſyſteme in Beziehung zu ſetzen; doch muß ich hinzufügen, daß die mit meinen Apparaten ausgeführten Interferenzphänomene in offenbarem Widerſpruche mit der Emiſſionstheorie ſtehen und ſie vollſtändig über den Haufen werfen.

§ 14. — Ueber die Wirkung, welche die polariſirten Lichtſtrahlen auf einander ausüben.

Im Jahre 1819 habe ich in Verbindung mit Fresnel in den Annales de chimie et de physique eine Abhandlung über dieſe ſehr wichtige Frage veröffentlicht. Es gehen aus den Verſuchen, die in dieſer oben S. 316 erwähnten Abhandlung berichtet worden, die folgenden Reſultate hervor:

1) In demſelben Sinne polariſirte Lichtſtrahlen wirken auf einander wie natürliche Lichtſtrahlen, ſo daß für dieſe beiden Arten des Lichtes die Phänomene der Interferenz vollſtändig dieſelben ſind;

2) Unter denſelben Umſtänden, wo zwei Strahlen des gewöhnlichen Lichtes ſich wechſelweiſe zu zerſtören ſcheinen, üben zwei in ent-

gegengesetztem Sinne polarisirte Strahlen keine wahrnehmbare Wirkung auf einander aus.

3) Zwei ursprünglich in entgegengesetztem Sinne polarisirte Strahlen können später auf eine und dieselbe Polarisationsebene zurückgeführt werden, ohne dabei die Fähigkeit auf einander zu wirken, zu erlangen.

4) Zwei in entgegengesetztem Sinne polarisirte und dann auf dieselbe Polarisationsebene zurückgeführte Strahlen wirken auf einander wie natürliche Strahlen, wenn sie aus einem ursprünglich in einerlei Richtung polarisirten Bündel stammen.

5) Bei den durch Strahlen, welche die Doppelbrechung erlitten haben, erzeugten Interferenzphänomenen wird die Lage der Streifen nicht blos durch den Unterschied der Wege und Geschwindigkeiten bestimmt; unter einigen Umständen muß man außerdem noch einen Unterschied von einer halben Wellenlänge in Rechnung ziehen.

Man sieht also aus dieser Reihe von Resultaten, daß es, um zu wissen, ob zwei in demselben Sinne polarisirte Lichtstrahlen interferiren können, nicht genügt, ihren gegenwärtigen Zustand in Betracht zu ziehen, sondern daß man auch wissen muß, durch welche Reihe von Veränderungen und in welcher Aufeinanderfolge sie in diesen Zustand gekommen sind.

Die hier erwähnten Eigenschaften des Lichtes sind unentbehrlich, um die Farben zu erklären, welche sich in krystallisirten doppeltbrechenden Blättchen zeigen. Sie führen auch direct zur Lösung der Frage, in welcher Weise die Wellenbewegungen des Lichtes vor sich gehen, ob in der Linie, nach welcher sich der Strahl fortpflanzt oder senkrecht auf diese Linie. Diese letzte Art der Fortpflanzung scheint aus unseren Versuchen hervorzugehen; jedoch erschien es mir so bedenklich dies anzunehmen, daß ich meinem Mitarbeiter allein die Kühnheit einer solchen Folgerung überließ.

Beim Lesen der Abhandlung wird man bemerken, daß wir, Fresnel und ich, mit der größten Sorgfalt den Antheil angegeben haben, den jeder von uns an dieser gemeinschaftlichen Arbeit genommen hat.

Anhang.

I.

Einige auf die Polarisation des Lichtes bezügliche Resultate.*)

§ 1. — Durch verschiedene Metalloxyde erzeugte farbige Polarisation.

Die verschiedenfarbigen Strahlen scheinen bei der Reflexion von Glasspiegeln oder den meisten schwach brechenden Körpern unter demselben Winkel polarisirt zu werden; auf den Metalloxyden bemerkt man aber unzweideutige Spuren einer farbigen Polarisation. So ist z. B. unter dem Polarisationswinkel auf Eisenglanz, d. h. unter einer Neigung von ungefähr 20°, das schwächste Bild, das man mit einem passend aufgestellten Rhomboeder erblickt, grün (schwach bläulich); überschreitet man diesen Punkt, so daß die Winkel spitzer werden, so färbt sich dasselbe Bild fast plötzlich roth. Dieser Versuch würde wegen der bläulichen Färbung des Eisenerzes selbst einige Zweifel lassen können; um aber darzuthun, daß die Farbe des schwachen Bildes nicht mit der des Körpers, auf welchem das Licht reflectirt wird, zusammenhängt, will ich das chromsaure Bleioxyd anführen, das, obgleich roth, dieselbe Erscheinung, wie der Eisenglanz zeigt; allerdings sind diese beiden Substanzen blättrig, indeß der geschmolzene Spießglanzsafran (Crocus antimonii der Pharmaceuten), das rothe ebenfalls geschmol-

*) Diese Bemerkungen sind der Akademie der Wissenschaften am 22. November 1813 mitgetheilt worden; jedes Blatt des Manuscripts ist an diesem Datum von Delambre unterzeichnet worden.

zene Eiſenoxyd (Hämatit) geben unter dem Polariſationswinkel ebenfalls ein grünes Bild, obgleich das Innere dieſer Körper keine Blättchen zeigt.

§ 2. — Polariſation durch Porcellan.

Unter ſpitzen Winkeln zeigt das Licht, welches ein Stück Porcellan ſichtbar macht, unzweideutige Spuren einer Polariſation durch Brechung. (Daſſelbe Reſultat geben weißer Marmor, mehrere Emailarten u. ſ. w.)

§ 3. — Polariſation der Atmoſphäre.

Wenn die Sonne untergeht, ſo erhält das Licht, welches die Atmoſphäre in dem diametral gegenüberliegenden Punkte des Horizontes nach uns reflectirt, eine nicht unbeträchtliche Zahl durch Brechung polariſirter Strahlen; in einer gewiſſen Höhe in demſelben Azimut beſitzen die Strahlen dieſelben Eigenſchaften, wie das gewöhnliche Licht; über dieſen Punkt hinaus, näher nach der Sonne hin, iſt das Licht durch Reflexion polariſirt.

§ 4. — Depolariſation des Lichtes.

Wenn man das Licht depolariſirt, indem man es durch einen paſſend geſtellten Spiegel (Glasplatte) gehen läßt, ſo würde es nach der Theorie ſcheinen, als ob der durchgelaſſene Strahl eine um ſo beträchtlichere Menge depolariſirter Strahlen enthalten müßte, je mehr der Einfallswinkel ſich $35^1/_2{}^0$ genähert hätte; der Verſuch ſcheint aber anzuzeigen, daß das zweite Bild, welches die Zwiſchenſtellung des Spiegels hervorruft, um ſo lebhafter wird, je ſpitzer der Winkel iſt, unter welchem das polariſirte Bündel durch den Spiegel hindurchgeht.

Es gibt Glimmerblättchen, welche das Licht nicht depolariſiren, weder bei ſenkrechter Incidenz, wie man ſie auch in ihrer eigenen Ebene drehen mag, noch unter ſolchen ſchiefen Einfallswinkeln, bei welchen ihre Ebene auf derjenigen, in welcher die Strahlen polariſirt worden ſind, ſenkrecht ſteht; aber das in jene Stellungen, wo ein gewöhnlicher Glasſpiegel die weißen Strahlen depolariſiren würde, gebrachte Blättchen, erzeugt zwei gefärbte Bilder.

§ 5. — Polarisation der gebeugten Bilder.

Einander sehr nahe stehende, feine Linien, welche auf einem Glasspiegel oder auf einem Metallspiegel gezogen worden sind, liefern vielleicht das kräftigste Mittel zur Zerlegung des Lichtes; so ist z. B. das erste der gebeugten prismatischen Bilder, das man rechts und links neben dem zerlegten Hauptbilde einer Kerze bemerkt, stärker zerstreut, als das durch ein Flintglasprisma von 60° erzeugte Spectrum, wenn die Striche, zwischen denen das Lichtbündel durchgegangen ist, um $^1/_{600}$ Linie von einander abstehen.

Die Zerstreuung der gebeugten Bilder scheint völlig dieselbe zu sein, mögen sich diese Linien auf dem Glase oder auf einem Metallspiegel befinden. (Die von mir bei diesen Versuchen benutzten Linien waren von Richer auf eine Crownglasplatte und auf einen Metallspiegel gezogen.) (Es ist klar, daß es bei diesem vergleichenden Resultate sich um gleichweit von einander abstehende Striche handelt.)

Die Beugungsbilder sind unter der passenden Incidenz durch Reflexion polarisirt, selbst wenn die Theilungen auf einem doppeltbrechenden Krystalle, wie Kalkspath oder Bergkrystall, angebracht worden sind.

§ 6. — Ueber die Farben der verschiedenen Körper.

Ich habe oben von den Farben geredet, die man bei der Polarisation bemerkt, wenn das Licht auf einem Metalloxyde reflectirt wird; auf einem blau angelassenen Stahlknopfe ist die Reihenfolge der Farben ausgedehnter und sind die Farben lebhafter. Es könnte übrigens sein, daß diese Phänomene wesentlich verschieden wären; daß das letztere z. B. allein von der dünnen Oxydschicht, womit der Knopf bedeckt ist, herrührte.

II.

Bemerkungen über die wechselseitige Einwirkung zweier Lichtbündel, die sich unter einem sehr kleinen Winkel kreuzen. *)

Die Idee, daß zwei Lichtbündel, indem sie in einander eindringen, einen gegenseitigen Einfluß ausüben können, hat sich den Physikern

*) 1816 in den 1. Bd. der Annales de chimie et de physique aufgenommene Notiz.

frühzeitig dargeboten; denn man findet bereits Spuren davon in dem Werke von Grimaldi. Hooke's Mikrographie, die bis 1665 zurückgeht, enthält eine umständliche Erklärung des Phänomens der farbigen Ringe, die sich ganz auf diese Voraussetzung stützt; und was bemerkenswerth scheint, sie betrachtet es gleichsam als nothwendige Folgerung, daß die verschiedenen Dicken eines gewissen Körpers eine und dieselbe Farbe reflectiren müssen, wenn sie sich verhalten wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7 u. s. w.; eine Wahrheit, die Newton lange Zeit nachher experimentell bewiesen hat. Diese Untersuchung hat seitdem wenig Interesse erregt; was eines Theils daran lag, daß sie in dem allgemein angenommenen Emmissionssysteme sozusagen ohne Object war, und andererseits daran, daß die Umstände, unter welchen der gegenseitige Einfluß der zwei Lichtbündel, welche sich durchdringen, merkliche und der Beobachtung zugängliche Wirkungen hervorbringt, selten sind und sich nur schwierig vereinigen lassen. Dr. Thomas Young hat sich das Verdienst erworben, die Aufmerksamkeit der Physiker auf diesen neuen Zweig der Optik zurückgeführt zu haben; ebenso hat er zuerst durch den von mir früher*) erwähnten Versuch der innern Diffractionsstreifen nachgewiesen, daß zwei aus derselben Quelle stammende Strahlen, die auf zwei verschiedenen und etwas ungleichen Wegen in einem Punkte wieder zusammentreffen, sich aufheben oder wenigstens bedeutend schwächen können. Ein anderer Versuch eben dieses Gelehrten (vergl. die Erklärung der Tafeln seines Treatise of natural philosophy Bd. 1, S. 787) beweist um so klarer diesen gegenseitigen Einfluß zweier sich kreuzender Strahlen, als es dabei zur Erzeugung völlig gleicher Streifen, wie die im Innern des Schattens eines dunkeln Körpers sich bildenden, genügt, das Sonnenlicht durch zwei nahe bei einander befindliche Oeffnungen in ein dunkles Zimmer einzuführen, ohne daß es nothwendig ist, die Kräfte zu Hülfe zu nehmen, denen die Physiker die Beugungsphänomene gewöhnlich zuschreiben. Fresnel seinerseits ist es ebenfalls gelungen, solche Streifen durch die Durchkreuzung zweier von einem und demselben strahlenden Punkte ausgegangener und auf zwei schwach gegen einander geneigten Spiegeln

*) Siehe den Anhang zum Aufsatze über die Scintillation S. 87.

reflectirter Lichtbündel zu erzeugen. Dieſe Streifen ſtehen, wie er bemerkt hat, ſtets auf der Linie, welche die beiden Bilder verbindet, ſenkrecht, haben aber zu der Lage der Ränder der Spiegel keine Beziehung. Ihre Breite ſteht in allen Fällen zu dem Abſtande der virtuellen Brennpunkte, von denen aus die beiden Bündel zu divergiren ſcheinen, im umgekehrten Verhältniſſe. Ich will hinzufügen, daß ich bei dieſem Vorgange ebenſo wie bei dem gewöhnlichen Beugungsphänomene erkannt habe, daß es, um ſämmtliche Streifen vollſtändig verſchwinden zu laſſen, hinreicht, eins der beiden Bündel, welche zu ihrer Erzeugung beitragen, entweder vor oder nach ſeiner Reflexion auf einem der Spiegel durch ein Glas von einer gewiſſen Dicke gehen zu laſſen.

Die von Fresnel und mir gemeinſchaftlich über die Verſchiebung, welche die innern Beugungsſtreifen durch Einſchaltung mehr oder weniger dicker Blättchen verſchiedener Subſtanzen erleiden, angeſtellten Verſuche haben uns gezeigt, daß dieſe Verſchiebung zur Meſſung ſehr kleiner Unterſchiede in der Brechung dienen kann; das Verfahren iſt bereits für Waſſer und Weingeiſt, Waſſer und Aether u. ſ. w. geprüft worden; ein ſehr einfacher Apparat wird zur Meſſung der Unterſchiede in der Brechung einer und derſelben Flüſſigkeit bei zwei gegebenen Temperaturen dienen; wir haben z. B. gefunden, daß der Unterſchied zwiſchen den Brechungen des Waſſers bei 4° und des Waſſers bei 0° bis auf $^1/_{100}$ genau mittelſt zweier gleicher 2 Decimeter langer Kaſten würde beſtimmt werden können; beſonders ſchätzbar wird dies neue Beobachtungsverfahren aber für die Beſtimmung der Brechung der Gaſe ſein; denn wenn man den Röhren, welche die Gaſe einſchließen, eine hinreichende Länge gibt, ſo wird man die Genauigkeit der Meſſungen ſoweit treiben können, als man will.

III.

Ueber die Polariſation des atmoſphäriſchen Lichtes und des Mondlichtes.

Da mehrere auf die Polariſation bezügliche Thatſachen, die ich der Akademie der Wiſſenſchaften zu verſchiedenen Zeiten mitgetheilt hatte, von Chevalier und Airy, Mitgliedern der Cambridge Society

in Abrede geſtellt worden waren, habe ich es für meine Pflicht gehalten, 1834 auf dieſe Thatſachen zurückzukommen, und vor der Akademie zu wiederholen, daß ſie vollkommen richtig ſind:

1) Das blaue Licht des Himmels, das von einer ſtrahlenden Reflexion an den Molecülen, und nicht von der ſpiegelnden oder an den Schichten eintretenden Reflexion herrührt, iſt partiell polariſirt, und das Maximum der Polariſation liegt 90° von der Sonne ab; dies iſt eine unbeſtrittene Thatſache.

2) Das Licht, welches durch eine Wolke gegangen iſt, erſcheint nicht polariſirt, wenn der Beobachter ſich in der Wolke befindet; ſteht er aber außerhalb der Wolke, und hat alſo das Licht zwiſchen der Wolke und ſeinem Standpunkte eine gewiſſe Schicht reiner Luft durchlaufen, ſo iſt es merklich polariſirt; man kann nicht nur leicht die Thatſache der Polariſation nachweiſen, ſondern auch die Menge polariſirter Strahlen finden, welche das Licht enthält. Ein directer Verſuch beweiſt, daß eine atmoſphäriſche Schicht von ungefähr 50 Meter Dicke hinreicht, um eine merkliche Polariſation zu erzeugen.

3) das Licht des Mondes enthält eine ziemlich große Menge polariſirten Lichtes; man überzeugt ſich leicht davon, wenn man die Beobachtung im erſten Viertel anſtellt; man ſieht dann, daß ein beträchtlicher Theil des Lichts, das wir von dieſem Satelliten empfangen, durch ſpiegelnde Reflexion zu uns gelangt.

4) Wenn man die Polariſation des atmoſphäriſchen Lichtes in einer durch die Sonne gehenden Verticalebene beobachtet, ſo findet man, daß die Polariſation wächst bis gegen 90°; geht man noch weiter, ſo nimmt ſie allmälich ab, verſchwindet dann ganz und gar, und wechſelt endlich ihr Zeichen. Dieſe Thatſache iſt vollkommen richtig, ſo daß ein Beobachter, welcher der Sonne den Rücken zukehrt und den Punkt ſucht, wo keine Polariſation ſich zeigt, ziemlich gut das Azimut und die Höhe der Sonne würde beſtimmen können. Wenn die engliſchen Phyſiker die Umkehrung in der Polariſationsrichtung nicht haben wahrnehmen können, ſo darf man ſich darüber nicht wundern: ſie haben dieſelbe in der Nähe der Sonne geſucht, während man

ſie auf der entgegengeſetzten Seite ſuchen muß. Indeß hängt der Punkt, wo keine Polariſation beobachtet wird, nicht blos von dem Orte der Sonne, ſondern auch von dem Zuſtande des Himmels ab, und das Vorhandenſein einiger Wolken genügt, um ihn beträchtlich zu verſchieben. Die Umkehrung der Polariſation ſcheint von vielfachen Reflexionen des Lichtes an den Luftheilchen abzuhängen; doch muß man die Rechnung zu Hülfe nehmen, wenn man die Erklärung weiter führen will.

IV.

Conſtruction eines Farbegradmeſſers. — Cyanometrie.*)

Das Inſtrument, dem Biot den Namen Farbegradmeſſer (colorigrade) beigelegt hat, verwirklicht und fixirt ſeiner Anſicht nach auf unveränderliche und vergleichbare Weiſe alle Farbennuancen, welche die natürlichen Körper darbieten können.

„Um das Princip dieſes Inſtruments zu begreifen," ſetzt er hinzu, „muß man ſich erinnern, daß den Newton'ſchen Principien zufolge alle von den natürlichen Körpern reflectirten Farben eine derjenigen darſtellen oder nothwendig darſtellen müſſen, welche die Reihe der durch Reflexion in den dünnen Blättchen der Körper gebildeten farbigen Ringe zeigt. Dieſe Identität iſt nicht, wie man lange Zeit geglaubt hat, auf eine hypothetiſch angenommene Aehnlichkeit, ſondern auf eine treue und ſtrenge Analyſe der phyſiſchen Eigenſchaften des Lichtes und der Bedingungen, welche ſeine Durchlaſſung und ſeine Reflexion beſtimmen, gegründet. Auch beſtätigt die Erfahrung mit einer bis ins Einzelne gehenden Genauigkeit alle Folgerungen, die aus dieſer Analogie bezüglich derjenigen Modificationen ſich ergeben, welche die Farben der Körper ſowohl durch die größere oder geringere Schiefe der einfallenden Strahlen gegen ihre Oberfläche, als auch durch die langſame und allmäliche Aenderung der Dimenſionen

---

*) In den 4. Bd. der Annales de chimie et de physique vom Jahre 1817 aufgenommene Notiz.

oder der chemiſchen Zuſammenſetzung der Molecüle, welche ſie bilden, u. ſ. w. erleiden müſſen."

Wenn man ein weißes polariſirtes Lichtbündel durch eine kryſtalliſirte Platte gehen läßt, und es dann mit einem doppeltbrechenden Prisma analyſirt, ſo wird man bemerken, daß diejenige Farbe, welche beim Durchgange durch die Platte ihre urſprüngliche Polariſation verloren hat, die Farbe eines der reflectirten Ringe iſt, und daß die andere die des entſprechenden durchgelaſſenen Ringes iſt. Gewiſſe Platten können übrigens durch eine allmälich ſich ändernde Neigung die ganze Reihe der Ringe hervorbringen. Dies vorausgeſetzt, wird man leicht die ganze Einrichtung des Farbegradmeſſers begreifen.

„Dies Inſtrument beſteht zunächſt aus einem ſchwarzen Spiegel, der an einem Rohre angebracht iſt und mittelſt einer Schraube ſich ſo neigen läßt, daß die von ſeiner Oberfläche in das Rohr reflectirten Strahlen polariſirt ſind. Man erkennt, daß dieſe Bedingung erfüllt iſt, wenn man beim Analyſiren des reflectirten Lichtbündels mittelſt eines achromatiſirten Kalkſpathprismas, das die Stelle des Oculars vertritt, vier Lagen findet, wo der Strahl ſich nicht mehr theilt, ſondern ganz in einem einzigen Sinne gebrochen wird. Ferner iſt zur Erzeugung der Farben zwiſchen dem ſchwarzen Glaſe und dem Prisma eine ſenkrecht auf die Are geſchnittene kryſtalliſirte Platte angebracht, die man durch eine Drehungsbewegung unter verſchiedenen Winkeln neigen kann, jedoch ſtets in einer Einfallsebene, welche mit der Reflexionsebene auf dem ſchwarzen Glaſe einen Winkel von 45° bildet. Alsdann erſcheinen die Farben der Ringe und ändern ſich in dem Maaße, als die Platte geneigt wird."

Sollen die Aenderungen der Farben langſam eintreten, ſo muß man dünne Platten, namentlich aus Kryſtallen, deren polariſirende Kräfte ſchwach ſind, anwenden. Der Bergkryſtall eignet ſich ſehr gut zu dieſem Zwecke; es iſt aber unerläßlich, daß dieſe Platten überall dieſelbe Dicke beſitzen, denn ſonſt würde man anſtatt einer gleichförmig gefärbten Scheibe in dem Geſichtsfelde eine Abſtufung nahe liegender Nuancen erblicken, welche die Schärfe der Beſtimmungen beeinträchtigten. Da die Bedingung des Parallelismus ſchwierig zu erfüllen

iſt, ſo iſt Biot darauf verfallen, an die Stelle der Bergkryſtallplatten zwei übereinander gelegte Glimmerblättchen zu ſetzen, welche dieſelben Wirkungen erzeugen; man wählt dazu ein ſehr durchſichtiges und gleichförmig dickes Blättchen aus, welche Beſchaffenheit man an der Gleichförmigkeit der Farben erkennt, in welche die polariſirten Strahlen, die ſeine verſchiedenen Punkte durchdringen, getrennt werden. Man ſchneidet einen Theil davon in Geſtalt eines Rechtecks ab, „deſſen lange Seite doppelt ſo groß iſt als die kurze, theilt dann dies Rechteck in zwei gleiche Quadrate, und legt dieſelben aufeinander, jedoch mit der Vorſicht, daß die Ränder des Schnittes gegeneinander um einen rechten Winkel gedreht werden.“ Eine geringe Menge dicken Terpentins befeſtigt die beiden Blättchen in unveränderlicher Weiſe und beſeitigt den Lichtverluſt, der zwiſchen ihnen durch die Reflexion eintreten würde. „Unter ſenkrechter Incidenz und ſelbſt bis zu einer Schiefe von einigen Graden nimmt dies Syſtem keinem der Molecüle ſeine urſprüngliche Polariſation. Wird es mehr geneigt, ſo beginnt es endlich ein unregelmäßiges Bild von einem ſchwachen und weißlichen Blau, wie das der erſten Ordnung der Newton'ſchen Ringe, zu geben; dieſes Blau wird in dem Maaße, als man das Syſtem dreht, immer mehr und mehr weißlich und geht dann über in das Weiß der erſten Ordnung, von da ins Blasgelbe, Orange, Dunkelrothe und ſo fort, indem es die ganze Reihe der in der Newton'ſchen Tafel aufgeführten Farben durchläuft.“

Biot glaubt, daß man mit dieſem Apparate in aller Strenge die Farben der Körper wird beſtimmen können, „indem man die Newton'ſche Farbe bezeichnet, welcher ſie entſprechen, und die Nuance dieſer Farbe durch die des durchgelaſſenen Ringes charakteriſirt, die gleichzeitig gegeben ſein wird. Wenn man endlich eine noch größere Präciſion wünſchte, ſo würde man nur den Einfallswinkel genau anzugeben brauchen, bei welchem die fragliche Farbe erſcheint, indem man Sorge trägt, auch diejenigen Incidenzen namhaft zu machen, wo ſich am beſtimmteſten einige charakteriſtiſche Farben der Newton'ſchen Tafel zeigen. Denn mittelſt dieſer Data würde man ſtreng den Einfallswinkel berechnen können, der in jedem andern Apparate genau dieſelbe Farbe erzeugen müßte; was dieſe Beobachtungsart in

aller Strenge vergleichbar macht. Endlich, setzt Biot hinzu, läßt sich der Farbegradmesser in ein sehr empfindliches und in seinen Angaben gleichfalls vergleichbares Cyanometer verwandeln. Es genügt dazu, den Knopf, welcher das System der Glimmerblättchen trägt, soweit zu drehen, daß diese Blättchen nicht mehr in der Bahn des polarisirten Strahles liegen, und dann an ihrer Stelle eine senkrecht auf die Are geschnittene Bergkrystallplatte von ungefähr 3^{mm} Dicke einzuschalten". Bei dieser Dicke erzeugt die Wirkung der polarisirenden Kräfte einen unregelmäßigen weißen Strahl, wenn das von dem Spiegel reflectirte Bündel, „das Krystallprisma, wodurch man es analysirt, durchdrungen hat. Dreht man je nach der Beschaffenheit der Kraft der angewandten Platte jenes Prisma von rechts nach links oder von links nach rechts, so verliert das weiße Bild allmälich seine wenigst brechbaren Strahlen, und geht auf diese Weise aus dem Bläulichweißen in die verschiedenen Nuancen des Blau, Indigo und fast des Violett über. Eine um das Rohr des Farbegradmessers angebrachte Kreistheilung dient zur Messung der Grade, welche man durchlaufen muß, um diese letztere Grenze zu erreichen, und alle Zwischengrade lassen sich zur Feststellung ebenso vieler Nuancen von hellerem oder dunklerem Blau verwenden, die in einem anderen Apparate genau durch dieselbe Drehung hervorgebracht werden, wenn der gesammte bis zum Violett durchlaufene Bogen derselbe ist, oder aber durch proportionale Drehungswinkel entstehen, wenn die ganzen Bogen in den gegebenen Fällen verschieden sind. Damit man sich eine Vorstellung von der Empfindlichkeit, deren diese Art von Angabe fähig ist, machen könne, begnüge ich mich anzuführen, daß bei der Platte, die an dem Farbegradmesser beim Vorzeigen desselben in der Akademie angebracht war, die gesammte Länge des von den verschiedenen Nuancen des Blau eingenommenen Bogens sich von 0° bis 75° erstreckte."

Es möge mir gestattet sein, dem vorstehenden Auszuge aus Biot's Abhandlung einige Bemerkungen beizufügen, die mich, falls sie ohne Antwort bleiben, an der großen Allgemeinheit, welche dieser geschickte Physiker seinem neuen Instrumente beizulegen scheint, zweifeln lassen würden. Ich will zunächst als eine durch den Versuch nachgewiesene Thatsache zugeben, daß die passend gerichtete Wirkung der

kryſtalliſirten Blättchen zur Erzeugung der ganzen Reihenfolge von Farben, welche ſowohl durch Reflexion als durch Brechung auf äußerſt dünnen Luftſchichten oder andern Körpern entſtehen, dienen können; ich will ferner noch die Annahme machen, daß die meines Erachtens etwas hypothetiſche Aehnlichkeit, die Newton zwiſchen den Farben dünner Blättchen und den Farben der natürlichen Körper aufgeſtellt hat, im Allgemeinen begründet ſei; und deſſenungeachtet werde ich ein gewiſſes Bedenken tragen, in dem Farbegradmeſſer ein Mittel zur Realiſirung aller Farbennuancen, welche dieſe Körper darbieten können, zu ſehen.

In der That geht, wenn ein weißer Lichtſtrahl auf ein dünnes Blättchen fällt und darin Ringe erzeugt, kein Strahl verloren: die durchgelaſſene Farbe gibt zur reflectirten hinzugefügt, ſtets Weiß. In unvollkommen durchſichtigen Körpern ſind dieſe beiden Arten von Farben in Bezug auf die Nuance ſelten complementär, vielleicht ſind ſie es niemals in Bezug auf Intenſität. Daraus folgt, wie alle Phyſiker dies empfunden haben, die Nothwendigkeit, anzunehmen, daß ein mehr oder minder beträchtlicher Theil des einfallenden Lichtes bei ſeinem Durchgange durch die Körper vernichtet, ausgelöſcht, abſorbirt wird. Obgleich die Geſetze dieſer Abſorption uns unbekannt ſind, ſo wiſſen wir doch, daß ſie weſentlich von denjenigen abweichen, von welchen die Zerlegung der weißen Lichtbündel an der zweiten Oberfläche durchſichtiger Häutchen abhängt. Ohne die Abſorption würden die durch alle farbigen Mittel durchgelaſſenen Farben in die Klaſſe derjenigen eintreten, welche der Farbegradmeſſer zu realiſiren vermag; nach der Abſorption, an welcher die Farben des Inſtruments nicht theilnehmen, iſt zwiſchen den beiden Phänomenen keine Gleichheit mehr vorhanden. Ich glaube z. B. nicht, daß es in der ganzen Reihe der verſchiedenen Nuancen von Blau, welche die Bewegung der Glimmerblättchen hervorruft, eine einzige gibt, welche mit dem von gewiſſen farbigen Gläſern durchgelaſſenem Blau verglichen werden kann, das nach einer wichtigen Bemerkung von Young bei der Zerlegung durchs Prisma ein aus ſieben durch dunkle Zwiſchenräume getrennten Theilen, nämlich aus zwei rothen, einem grünlich gelben, einem grünen,

einem blauen, einem violblauen und einem violetten beſtehendes Spectrum erzeugt*). Wenn die Dicke des Glaſes zunimmt, ſo werden dieſe Farben nicht im Verhältniß zu derſelben ſchwächer; das zweite Roth iſt z. B. bereits vollſtändig verſchwunden, wenn das erſte noch ſehr hell iſt; die durch eine gewiſſe Dicke dieſes Glaſes durchgelaſſene Farbe würde alſo in den Farben der Ringe ihr Analogon finden können, ohne daß diejenige, welche einer andern Dicke entſpräche, ſich ebenſo verhielte. Sollten dieſe Bemerkungen, die ich dem Scharfſinne Herrn Biot's unterwerfe, nicht ſchon beweiſen, daß der neue Farbegradmeſſer durchaus nicht fähig iſt, die durchgelaſſenen Farben wiederzugeben?

Wenn ich mich nicht täuſche, ſo treten dieſelben Bedenken bei den reflectirten Farben ein. Die Strahlen, welche die eigenthümliche Farbe der Körper bilden, kommen aus ihrem Innern; dies ſcheint beſonders dadurch bewieſen zu werden, daß ſie unter allen Neigungen wie durchgelaſſenes Licht polariſirt ſind, wie ich ſogar für die Farbe der Metalle gefunden habe. Wenn der Körper undurchſichtig iſt, ſo läßt er die Strahlen nur auf geringe Tiefe eindringen; auf dieſem kurzen Wege kann aber eine ſehr merkliche Abſorption eintreten. Eine ebenſolche Abſorption werden auch die Strahlen erleiden können,

*) Die Phyſiker haben einſtimmig die Beobachtung der Diſperſion, welche das Licht beim Durchgange durch Mittel von beträchtlicher brechender Kraft erleidet, zu den ſchwierigſten in der Optik gezählt. Die beiden Enden eines prismatiſchen Spectrums, und beſonders das violette Ende ſind ſchlecht begrenzt; die dazwiſchen liegenden Nuancen verſchmelzen ſo zu ſagen in einander, ſo daß es z. B. unmöglich iſt, mit einiger Genauigkeit die Trennungslinie des Gelb und Grün anzugeben. Das im Texte erwähnte blaue Glas kann dann, wie ich mich überzeugt habe, von großem Nutzen ſein. Stellt man es vor das Ocular des Fernrohrs, während das Prisma ſich vor dem Objective befindet, ſo erblickt man ein unterbrochenes Spectrum; man richtet den Mikrometerfaden auf die Mitte der ſchwarzen Intervalle und beſtimmt dadurch die Brechung der Strahlen, welche das Glas abſorbirt. Die Meſſungen werden auf dieſe Weiſe genau und vergleichbar, welches auch die Beſchaffenheit des Prismas ſein möge, wofern man ſich ſtets deſſelben blauen Glaſes bedient.

welche, nachdem sie eine größere Dicke eines halbdurchsichtigen Körpers durchdrungen haben und in seinem Innern reflectirt worden sind, zu dem Auge gelangen. Vor der Absorption würden die durch Reflexion gesehenen Farben unter denen der farbigen Ringe oder des Farbegradmessers die ihnen entsprechenden gefunden haben. Wird dies auch noch statt finden, wenn sie durch Wegnahme einiger der Strahlen, aus denen sie bestanden, modificirt worden sind? Soviel scheint mir einerseits sicher, daß zu allen Zeiten und in allen Klimaten Biot's neues Instrument die Mittel gewährt, dieselben Farbenarten herzustellen, was eine sehr schätzenswerthe Eigenthümlichkeit ist; andererseits aber halte ich es für zweifelhaft, daß sich dadurch alle die Farben, welche die natürlichen Körper darbieten, werden realisiren lassen.

Biot's neues Cyanometer scheint ebenfalls zu einigen Bedenken Anlaß zu geben. Die verschiedenen Theile, woraus das Instrument besteht, gewähren die Mittel allmälich von bläulichem Weiß zu den verschiedenen Nuancen des Blau, Indigo und fast des Violett überzugehen. Ist dies aber dieselbe Aenderung, welche die Farbe der Atmosphäre zeigt? Sind nicht die verschiedenen Nuancen, welche sie in verschiedenen Höhen vom Horizonte bis zum Zenith, in den Ebenen und in den Gebirgen, nahe am Pole und unter dem Aequator, im Winter und im Sommer u. s. w. zeigt, Mischungen einer einzigen Nuance von Blau mit mehr oder weniger beträchtlichen Mengen weißen Lichtes? Wenigstens hatte dieser Vorstellung entsprechend Sauffure sein Cyanometer construirt und den Ton der verschiedenen blauen Streifen, woraus dies Instrument besteht, und die bekanntlich durch mehr oder minder schnelle Abstufungen vom Schwarzen zum Weißen übergehen, graduirt.

Das der Atmosphäre eigenthümliche Blau findet sich, wie es mir vorgekommen ist, in der Reihe der Farben, die man erhält, wenn man ein weißes polarisirtes Lichtbündel durch eine senkrecht auf die Axe geschnittene Bergkrystallplatte von 5^{mm} Dicke gehen läßt und dann mit einem doppeltbrechenden Prisma zerlegt. Dies Blau wird ohne seine Nuance zu ändern in dem Maaße allmälich immer weißer, je beträchtlichere Quantitäten nicht polarisirten Lichtes das analysirte

Lichtbündel enthält. Wenn die Strahlen, welche die Bergkryſtallplatte durchdringen ſollen, zuvor von einer Glasfläche unter einem Winkel von ungefähr 35° reflectirt werden, ſo beobachtet man ein ſehr intenſives Blau, das von dem Blau der Atmoſphäre vielleicht niemals erreicht oder übertroffen wird. Geſchieht die Reflexion bei ſenkrechter Incidenz, ſo erſcheint das Geſichtsfeld ganz farblos. Zwiſchen dieſen beiden Grenzen liegen nun mehr oder weniger geſchwächte Blau, und unter ihnen wird der Beobachter diejenige Nuance auswählen können, die einem gegebenen Zuſtande der Luft am beſten entſpricht. Um ſicher zu ſein, zu allen Zeiten dieſelbe Farbe wieder zu finden, wird es genügen die Neigung des reflectirenden Spiegels anzumerken: man wird ſo eine Skala von 55° für alle Nuancen, welche die Atmoſphäre darbieten kann, erhalten.

Dies ſind die Principien, auf welche ſich das vor zwei Jahren von mir conſtruirte Cyanometer gründet, deſſen Anzeige Biot in das Bulletin de la Société philomatique vom Januar 1817 aufgenommen hat. Ein meſſingenes Rohr von 1 Centimeter Durchmeſſer und 1 Decimeter Länge, an dem einen Ende durch eine ſenkrecht auf die Axe geſchnittene Bergkryſtallplatte von 5^{mm} Dicke, und am andern durch ein doppeltbrechendes achromatiſirtes Prisma geſchloſſen; und ein den Reflectoren, welche man vor die Objective der Fernröhre ſtellt, um in der Nacht den Mikrometerfaden zu beleuchten, ähnliches Stück, das eine auf ihrer zweiten Fläche geſchwärzte Glasplatte zu tragen beſtimmt iſt, bilden das ganze Inſtrument. Ich habe vorhin angeführt, wie man die Beobachtungen anſtellt; würde es aber, um auf dieſe Weiſe vergleichbare Angaben zu erhalten, nicht erforderlich ſein, daß das Licht, welches das reflectirende Glas in das Rohr ſendet, ſtets weiß ſei? Iſt es einerſeits erlaubt anzunehmen, daß das atmoſphäriſche Licht ohne Farbe iſt, wenn es andererſeits gerade die Intenſität ſeiner Färbung iſt, die man beſtimmen will? Woher kommt es, daß man zu einem Polariſationsapparate ſeine Zuflucht nehmen muß, um das reflectirte Bündel blau zu färben, das doch von einem Punkte des Himmels ausgegangen iſt, der bereits eben dieſe Farbe beſaß? Man kann allerdings die reflectirende Glasfläche und folglich auch das Geſichtsfeld nur mit dem Lichte beleuchten, das ein Blatt ſchön

weißes Papier ausſendet; dieſer Kunſtgriff hat aber den Uebelſtand, das Inſtrument zu complicíren und die Lebhaftigkeit der depolariſirten Farben zu ſchwächen. Ich ſchätze mich übrigens glücklich, bemerklich gemacht zu haben, daß dieſe Bedenken, wenn ſie ja dieſen Namen verdienen, ebenſo den Apparat Biot's treffen, weil dies ein Grund iſt zu hoffen, daß ſie bald werden aufgeklärt werden, und daß dann Alles uns berechtigen wird, die Reſultate, welche das neue Cyanometer zu liefern vermag, als zuverläſſig zu betrachten.

Ueber die Stoßwirkung der Sonnenstrahlen.

Nach einer der Erklärungen, welche Keppler von der Entstehung der Kometenschweife gegeben, sollte diese Erscheinung davon abhängen, daß durch eine Stoßwirkung der Sonnenstrahlen Theilchen vom Körper des Gestirns losgerissen werden; doch scheint es nicht, daß dieser große Astronom eine solche Stoßwirkung jemals durch directe Versuche nachzuweisen versucht habe. In Ermangelung solcher Versuche macht Hartsöcker in seinen Principien der Physik einige Naturerscheinungen als seiner Ansicht nach augenfällige Beweise für das Statthaben dieser Stoßwirkung geltend: so ist nach ihm die Donau Morgens, wo der Strom der Sonne entgegenfließt, minder reißend als Abends, wo sie sich in Richtung der Sonnenstrahlen bewegt. Aus derselben Ursache soll sich nach ihm eine Strömung erklären, welche man im Golf du Lion längs der Küsten beobachtet, ferner der Rücktritt des Rauchs der Kamine in das Innere der Zimmer, u. s. w. Nach dieser kleinen Probe erlassen uns die Leser gewiß die Anführung der anderweiten Beweise, durch welche Hartsöcker seine Ansicht noch zu stützen sucht.

Homberg, dem seitens der Akademie der Wissenschaften mehrmals unverdienterweise die prüfende Wiederholung seiner Versuche anvertraut wurde, sahe seinerseits gewisse Bewegungen, die er an Amianthfäden im Brennraume einer Linse wahrgenommen hatte, als Stoßwirkungen der Sonnenstrahlen an, und bemerkt dazu: „er habe gesehen, als er den Focus einer Linse von 12 bis 13 Zoll (0,35 Meter) Durchmesser wiederholt auf das freie Ende einer ela-

ſtiſchen Feder auffallen ließ, daß dieſe in ſehr merkliche Oscillationen gerieth, als wenn ſie mit einem Stabe angeſtoßen würde.“

Dieſe Verſuche wurden bald im Schooße der Akademie ſelbſt einer Discuſſion durch Mairan und Dufay unterzogen. „Wir conſtruirten, (ſagt Mairan,) Herr Dufay und ich, eine Art ſehr beweglichen Drehrädchens (moulinet) aus Kupfer, und ließen den Focus einer Linſe von 7 bis 8 Zoll (0,16 bis 0,18 Meter) Durchmeſſer darauf fallen, ohne etwas Anderes als zweifelhafte Erzitterungen dadurch hervorzurufen. Ich habe mir ſeitdem eine noch leichtere und künſtlicher aufgehangene Maſchine verſchafft, ein horizontales eiſernes Rad nämlich, von ungefähr 3 Zoll (0,08 Meter) Durchmeſſer, mit 6 Speichen, deren jede am Ende einen kleinen ſchief geſtellten Flügel trägt, und deſſen Are, ebenfalls von Eiſen, mit ihrem obern Theile nur am Ende eines magnetiſchen Eiſenſtäbchens hängt. Das Rad ſammt ſeiner Are wiegt im Ganzen nur 30 Gran ($1^1/_2$ Gramme). Nichts iſt beweglicher als dieſes Rädchen; zugleich aber Nichts unſicherer, als die Anzeichen, die man daraus zu Gunſten einer Stoßwirkung der Sonnenſtrahlen zu ziehen verſuchen möchte. Die Maſchine dreht ſich bald in dieſer, bald in jener Richtung, je nachdem man einen ihrer Flügel dem Focus mehr oder weniger dieſſeits oder jenſeits nähert, u. ſ. w.“ (Traité de l'aurore boréale, S. 371.)

So entſcheidend dieſe Verſuche erſcheinen, vermochten ſie doch ſelbſt ſehr einſichtige Forſcher ſpäter nicht davon abzuhalten, die Bewegungen, welche man an einem im Focus einer großen Linſe geſchmolzenen Kügelchen von Gold oder einem andern Metalle beobachtet, als durch eine Stoßwirkung der Sonnenſtrahlen hervorgerufen anzuſehen (ſ. Macquer, Dictionnaire de chimie).

Dies iſt der Stand der Frage, in welchem Herr Flaugergues im J. 1816 ſich derſelben annahm. Zu ihrer Entſcheidung erſann er einen Verſuch, der uns nicht vortheilhaft angeordnet zu ſein ſcheint. Folgendes iſt nämlich der Weg, auf dem er alle Zweifel gehoben zu haben glaubt.

Er befeſtigte ein an beiden Enden verſchloſſenes Rohr von Weißblech von 3,25 Meter Länge vertical an der ſüdlichen Wand ſeines Ob-

servatoriums. Ein am oberen Ende befestigter Silberdraht hing frei in der Axe des Rohrs herab und trug eine geschwärzte Messingkugel von ungefähr 6 Millimeter Durchmesser. Ein zweites, seitlich in das erste eingesetztes Rohr war an seinem Ende mit einer biconveren Linse von 0,10 Meter Durchmesser verschlossen. Der Focus dieser Linse fiel genau mit der vom Drahte getragenen Metallkugel zusammen. Ließ man nun die Sonnenstrahlen Mittags durch das seitliche Rohr eintreten, so mußten sie die Kugel sammt dem Drahte nach Norden treiben, falls diese Strahlen, wie vorausgesetzt worden, eine merkliche Stoßwirkung zu äußern vermögen: und es war leicht zu erkennen, ob der Draht sich aus der verticalen Lage entfernte, indem man bei jedem Versuche, vor Zulassung der Sonnenstrahlen in das Rohr, Sorge trug, sich zu vergewissern, daß sein Bild durch den Kreuzungspunkt der Fäden des an einem vortrefflichen Mikroskope angebrachten Mikrometers ging. Niemals aber, sagt Flaugergues, hat die plötzliche Einwirkung der von der Linse gebrochenen Strahlen eine Verrückung der Kugel zuwege gebracht, niemals ist der Silberdraht aus seiner verticalen Lage gewichen. Nur zuweilen „bemerkte man eine leichte Erzitterung; aber diese dauerte nur einige Augenblicke, und der Draht kehrte sehr schnell wieder zu seiner ersten Unbeweglichkeit zurück."

Bei der anerkannten Geschicklichkeit des Herrn Flaugergues wird man mit uns darüber erstaunt sein, daß er hoffen konnte, die Stoßwirkung der Sonnenstrahlen durch den Conflict mit einer so beträchtlichen Kraft bemerklich zu machen, als nöthig ist, einen mit einer Kupferkugel von 6 Millimeter Durchmesser belasteten Draht aus der Verticalen zu entfernen; ein horizontaler Hebel, wie der von Mairan und Dufay, würde ohne Vergleich empfindlicher gewesen sein, zumal bei einer Aufhängung an einem ungedrehten Faden. Dieses Mittel, dessen volle Genauigkeit durch die Versuche von Coulomb constatirt ist, hat vor einer großen Zahl von Jahren zu der in Rede stehenden Untersuchung gedient. So findet man in Priestley's Geschichte der Optik (S. 282) die Beschreibung des Apparats, den Michell dazu anwandte, welchem Cavendish die bei der Bestimmung der mittleren Erddichtigkeit von ihm befolgte Methode entlehnt hat. Ein ausnehmend dünnes Kupferblättchen von 7 Quadr.-Centimeter wurde an das Ende eines

dünnen Clavierſaitendrahts von ungefähr 0,27 Meter Länge befeſtigt. Ein Achathütchen, ähnlich dem der Bouſſolen-Nadeln, ruhte auf einer ſehr ſcharfen Spitze und trug den Draht. Das Totalgewicht des Apparats ſtieg nicht über $^6/_{10}$ Gramme; ein Glasgehäuſe ſchützte alle Theile vor den Bewegungen der äußeren Luft. Als nun das Sonnenlicht mittelſt eines Concavſpiegels von 60 Centimeter Durchmeſſer auf die kleine Kupferplatte geworfen ward, ſah Michell zu wiederholten Malen den Hebel ſich mit einer Geſchwindigkeit von ungefähr 0,027 Meter in der Secunde bewegen; und dieſe ſchwache Bewegung glaubte er auf Rechnung der Stoßwirkung der Sonnenſtrahlen ſchreiben zu können.*) Aber iſt es nicht natürlicher, ſie von den

*) Michell berechnet nach der Vorausſetzung, daß die am Ende des Hebelarms beobachtete Bewegung von 0,027 Meter in der Secunde von dem Stoße der Sonnenſtrahlen abhinge, die Maſſe des geſammten Lichtbündels, welche binnen 1 Secunde auf die kleine Kupferplatte fiel; aber ſeine Rechnung iſt unrichtig. In folgender Weiſe ließe ſie ſich nach ſeinen eigenen Datis berichtigen. Nehmen wir an, das Licht falle während der ganzen Dauer der erſten Secunde ſenkrecht auf den Hebelarm ein, und ſein Stoß erſtrecke ſich nur auf einen kleinen Theil der am Ende des Armes angebrachten Platte; außerdem ſei der Hebelarm in ſeinem Schwerpunkte unterſtützt. Dieß vorausgeſetzt, wenn man mit r die Länge des Bogens bezeichnet, der von dem Ende des Hebels in 1 Zeitſecunde beſchrieben wird, mit h den Raum, welchen das Licht in derſelben Zeit zurücklegt, mit p die Lichtmaſſe, welche auf den Hebel in 1 Secunde fällt, und mit m die Maſſe des Hebels, ſo hat man:

$$p = \frac{2}{3} m \frac{r}{h}$$

Michell findet als Verhältniß von r zu h das von 1 zu 12000000000; m betrug 600 Milligramme; die Maſſe p würde alſo $\frac{2}{3}$ von $\frac{600}{12000000000}$ Milligramme oder den dreißigmillionſten Theil eines Milligrammes betragen.

Die Ausdehnung der Oberfläche des Michell'ſchen Spiegels betrug ungefähr 32 Qu.-Decimeter, und da ein Metall nur etwa die Hälfte des auffallenden Lichtes zurückwirft, iſt dies ſo gut, als wenn ſie blos 16 Qu.-Decimeter betragen hätte, wonach man $\frac{1}{30000000}$ Milligramme für die Lichtmaſſe erhält, welche binnen 1 Zeitſecunde auf eine Fläche von 16 Qu.-Decimeter fällt, und $\frac{1}{480000000}$ für die, welche 1 Qu.-Decimeter entſpricht. Wollte man hiernach berechnen, wie groß die Quantität der Lichtmaterie iſt, welche binnen 1 Secunde von einem auf der Sonne genommenen Quadratdecimeter ausſtrahlt, ſo würde man in Rückſicht zu nehmen haben, daß die Dichtigkeit des Lichtes an der Oberfläche dieſes Geſtirnes im Ver-

Luftströmen abhängig zu machen, welche nothwendig im Innern des Gehäuses eintreten mußten? In der That berichtet Michell, daß die beträchtliche Erhitzung, welche die kleine Kupferplatte während seiner Versuche erfuhr, bald die Gestalt und Lage derselben änderte, so daß sie merklich von der ihr anfangs gegebenen verticalen Stellung abwich, und daß sie dann, unter dem Einflusse des aufsteigenden Stroms nach Art eines Windmühlflügels wirkend, anstatt immer vor dem Lichtstrahl zurückzuweichen, manchmal eine Bewegung in entgegengesetztem Sinne annahm und demselben so zu sagen entgegenkam. Sollte man auch übrigens annehmen wollen, daß die Kupferplatte anfangs völlig ver-

---

hältniß von 45000 zu 1 größer als auf der Erde ist, und daß mithin 1 Qu.-Decimeter in der Secunde $\frac{45000}{480000000}$ Milligramm $= \frac{1}{10700}$ Milligramme, d. i. in einem Tage etwas mehr als 8 Milligramme zu liefern hat. Das gibt ungefähr 18 Kilogrammen binnen 6000 Jahren. Ein solcher Gewichtsverlust für den Quadratdecimeter der Sonnenoberfläche würde nach 600 Jahrhunderten nur eine Verkleinerung des Durchmessers um 4, 5 Meter herbeiführen, selbst unter der Voraussetzung, daß die Dichtigkeit dieses Gestirns die des Wassers nicht überträfe. Die im Texte angeführten Versuche von Bennet würden noch ohne Vergleich geringere Ergebnisse finden lassen.

Franklin hatte in einem seiner Werke die mangelnde Stoßwirkung der Sonnenstrahlen als einen sehr starken Einwand gegen die Emissionstheorie geltend gemacht. „Müssen nicht, sagt er, die kleinsten Theilchen der Materie mit einer größeren Kraft als die abgeschossene Kugel eines Vierundzwanzigpfünders begabt sein?“ (Man sehe Experiments and Observations on Electricity, 1769, S. 264).

In Erwiederung auf diesen Einwand zeigte Horsley durch eine sehr einfache Rechnung, daß die Stoßkraft eines sphärischen Moleculs von der dreifachen Dichtigkeit des Eisens und einem Durchmesser gleich dem millionsten Theile eines Vierzigtausendstel Millimeters, die einer eisernen Kugel von 6 Millimeter Durchmesser nicht übertreffen würde, welche 30 Centimeter in hundert vier und vierzig millionmal Millionen Jahren durchliefe.

Hiernach erscheint es sehr zweifelhaft, daß man in Betrachtungen dieser Art jemals entscheidende Argumente zu Gunsten des einen oder andern der beiden Systeme wird finden können, zwischen welchen die Ansicht mancher Physiker noch schwankt. Wir wollen diese Anmerkung nicht schließen, ohne in Erinnerung zu bringen, daß jede Veränderung der Sonnenmasse eine seculare Ungleichheit in der Bewegung der Erde erzeugen würde, welche den astronomischen Beobachtungen nicht hätte entgehen können, sollte auch diese Veränderung binnen 2000 Jahren nicht über ein Zehnmilliontel der ursprünglichen Masse betragen (Vergl. Mécanique céleste, t. IV, p. 326).

tical war, und daß sich keine Luftströme im Gehäuse bildeten, so würde man doch die Bewegung, von welcher er berichtet, sehr natürlich, wie schon von Dr. Thomas Young geschehen, dadurch erklären können, daß, da die Luft an der Fläche, auf welche das Licht fiel, stärker als an der entgegengesetzten erhitzt ward, dieser Temperaturüberschuß einen Drucküberschuß auf derselben Seite hervorrufen und mithin eine rückgängige Bewegung des Hebels erzeugen mußte. Im Uebrigen würden die Versuche Bennet's, von denen uns noch zu sprechen übrig bleibt, jeden Zweifel, den man etwa in dieser Hinsicht noch hegen könnte, zu heben geeignet sein, da sie im luftleeren Raume angestellt sind. „Ich befestigte, sagt dieser Forscher, an das Ende eines sehr feinen Golddrahtes von 3 Zoll (0,076 Meter) Länge, welcher an einem Spinnefaden in einem Glascylinder aufgehangen war, ein kleines kreisförmiges Stückchen Schreibpapier, und ließ dann den Focus einer großen Linse auf das Papier fallen, um zu sehen, ob es nicht durch den Anstoß der Sonnenstrahlen aus der Stelle getrieben würde; aber, obschon dieser Versuch oft wiederholt und einmal selbst die Luftleere im Recipienten hergestellt wurde, vermochte ich doch keine andern als solche Bewegungen wahrzunehmen, welche ihren Ursprung der Erhitzung verdankten." (Philos. transact. für 1792, S. 87.)

Die Spinnefäden haben, sei es ihrer ausnehmenden Dünne, sei es ihrer klebrigen Beschaffenheit wegen, nur eine sehr schwache Torsionskraft. Bennet hat hierauf bezügliche Versuche von Interesse angestellt, welche die außerordentliche Empfindlichkeit dieser Aufhängungsmethode beweisen, darunter folgenden. Ein sehr feiner Klaviersaitendraht von 76 Millimeter Länge, in einer Kerzenflamme zum Rothglühen erhitzt und in die Richtung des magnetischen Meridians gelegt, erlangte beim Erkalten durch den Einfluß des Erdkörpers eine schwache Richtkraft. Derselbe ward darauf an einem Spinnefaden von 76 Millimeter Länge aufgehangen und am Nordpol mittelst Firniß ein Haar angeklebt, welches als Zeiger diente, um die kleinsten Verrückungen an einer getheilten Skala von Elfenbein anzugeben. In diesem Zustande ließ man den magnetischen Draht so wie den Spinnefaden, welcher denselben trug, mittelst eines außen angebrachten Magnets über 1000 Umdrehungen machen. Und doch nahm der Draht nach

dem Zurückziehen des Magnets sofort, und ohne Zurückdrehung, die Lage wieder ein, die er zu Anfange gehabt hatte. Tausend Umdrehungen reichen also nicht hin, einem Spinnefaden von 76 Millimeter Länge eine Torsionskraft zu ertheilen, die sich bemerklich machen ließe, selbst wenn man sie der schwachen Richtkraft entgegensetzt, welche ein kurzer und dünner Eisendraht beim Erkalten durch Einwirkung des Erdkörpers erlangt. Bei andern Versuchen hatte sich ein Spinnefaden von 63 Millimeter Länge, welchen man 18000 Umdrehungen um sich selbst hatte machen lassen, um 25 Millimeter verkürzt, ohne daß man im Stande war, durch die feinsten Versuchsmittel das Dasein einer Torsionskraft zu entdecken. Wie leicht zu erachten, sind diese Methoden ohne Vergleich genauer als die von Herrn Flaugergues eingeschlagenen, und wird sich demnach in der Frage über die Stoßwirkung des Lichtes nichts Entscheidendes vornehmen lassen, außer im leeren Raume und mit Hülfe der Drehwage.

Das Daguerreotyp.

Erstes Kapitel.

Einleitung.

In der Sitzung der Akademie der Wissenschaften vom 7. Januar 1839 gab ich die erste allgemeine Nachricht von der schönen Entdeckung, welche man Herrn Daguerre verdankt, und über welche bis dahin nur irrige Ansichten im größeren Theile des Publicums herrschten. Folgendes sind ungefähr die Worte, die ich gebrauchte:

„Jedermann kennt den optischen Apparat, welcher den Namen Camera obscura oder finstere Kammer führt, und dessen Erfindung von J. B. Porta herrührt; Jedermann hat bemerkt, mit welcher Nettigkeit, welcher Wahrheit in Farbe und Ton die äußeren Gegenstände sich auf dem Schirme darstellen, welcher in dem Focus der großen Linse angebracht ist, die den wesentlichsten Theil dieses Instruments bildet; Jedermann hat mit der Bewunderung dieser Bilder das Bedauern verbunden, daß sie nicht haltbar zu machen sind.

„Diesem Bedauern wird fernerhin der Grund fehlen. Hr. Daguerre hat eigenthümliche Schirme erfunden, auf welchen das optische Bild einen vollkommenen Abdruck hinterläßt; Schirme, worauf Alles, was im Bilde zu sehen war, bis in die kleinsten Details mit unglaublicher Genauigkeit und Schärfe sich darstellt. Ja man würde ohne Uebertreibung sagen können, daß der Erfinder den Weg entdeckt habe, die Bilder zu fixiren, wenn auch die Farben durch seine Methode festgehalten würden; aber ich muß gleich anfangs bemerken, um einen Theil des Publikums in dieser Hinsicht zu enttäuschen, es gibt in den Bildern,

den Copieen des Herrn Daguerre ebenso wie in einer schwarzen Kreidezeichnung, einem Stich mit dem Grabstichel oder noch besser (denn dieser Vergleich trifft noch genauer) einem Stich in schwarzer Manier oder in Aqua tinta, blos Schwarz, Weiß und Grau, Licht, Schatten und Halbtinten. Mit einem Worte, in der Camera obscura des Herrn Daguerre stellt das Licht selbst die Formen und Verhältnisse der äußeren Gegenstände mit einer fast mathematischen Genauigkeit dar; die photometrischen Verhältnisse der weißen, schwarzen, grauen Theile bleiben genau gewahrt, aber das Roth, Gelb, Grün u. s. w. erscheint nur in der Form von Halbtinten; denn die Methode liefert blos Zeichnungen, nicht Gemälde in Farben.

„Die hauptsächlichsten Erzeugnisse seiner neuen Verfahrungsarten, welche Hr. Daguerre drei Mitgliedern der Akademie, den Herren v. Humboldt, Biot und Arago, vorgelegt hat, sind: eine Ansicht der großen Galerie, welche den Louvre mit den Tuilerien verbindet, eine Ansicht der Cité und der Thürme von Notre-Dame, Ansichten der Seine und mehrerer Brücken derselben, Ansichten einiger Barrièren der Hauptstadt. Alle diese Bilder vertragen die Untersuchung mit der Loupe, ohne etwas von ihrer Schärfe zu verlieren, wenigstens was die Gegenstände anlangt, die während der Erzeugung der Bilder unbeweglich blieben.

„Die Zeit, welche erforderlich ist, eine Ansicht mit kräftigen Tönen zu Stande zu bringen, ist verschieden, je nach der Intensität des Lichtes, demgemäß nach Tagesstunde und Jahreszeit. Im Sommer und bei vollem Mittag reichen 8 bis 10 Minuten hin. In andern Klimaten, wie in Aegypten, würden wahrscheinlich 2 bis 3 Minuten genügen.

„Das Verfahren des Herrn Daguerre hat nicht allein die Entdeckung einer für die Lichtwirkung empfänglichen Substanz erfordert, welche alle, womit sich die Physiker und Chemiker seither beschäftigt haben, an Empfindlichkeit übertraf, sondern auch die Erfindung eines Mittels, ihr diese Eigenschaft beliebig wieder zu entziehen. Und beides ist Herrn Daguerre gelungen. Seine Bilder können, wenn sie fertig sind, dem vollen Sonnenlichte ausgesetzt werden, ohne eine Veränderung zu erleiden.

„Es ist nicht blos die ausnehmende Empfindlichkeit, durch welche die von Herrn Daguerre entdeckte Präparationsmethode in Vortheil gegen die unvollkommenen Versuche ist, die man seither gemacht hatte, Silhouetten auf einer Schicht von Chlorsilber zu erzeugen. Dieses Salz ist weiß und wird durch die Einwirkung des Lichtes geschwärzt; die weißen Stellen der Bilder gehen also in Schwarz über, während die schwarzen weiß bleiben. Auf den Schirmen des Herrn Daguerre dagegen stimmt das Abbild in dieser Hinsicht vollkommen mit dem Urbild überein; das Weiß entspricht dem Weiß, die Halbtinten den Halbtinten, das Schwarz dem Schwarz.

„Man begreift leicht, welche Hülfe die Erfindung des Herrn Daguerre den Reisenden wird gewähren können, welchen Vortheil schon jetzt namentlich die gelehrten Gesellschaften wie die Privatpersonen davon werden ziehen können, die sich mit so viel Eifer der graphischen Darstellung der in den verschiedenen Theilen des Königreichs verbreiteten Monumente der Architectur unterziehen. Die Leichtigkeit und Genauigkeit, mit welcher die neuen Verfahrungsarten zu arbeiten gestatten, weit entfernt, der so achtbaren Classe der Zeichner Abbruch zu thun, wird ihnen einen Zuwachs der Beschäftigung bringen; sie werden sicher fortan weniger in freier Luft, aber viel mehr in ihren Ateliers zu thun finden.

„Das neue Reagens scheint auch den Physikern und Astronomen sehr schätzbare Mittel der Untersuchung zu versprechen. Infolge einer Aufforderung seitens der schon genannten Akademiker hat Hr. Daguerre das im Focus einer mäßigen Linse erzeugte Bild des Mondes auf einen seiner Schirme geworfen, und es hat einen deutlichen weißen Abdruck hinterlassen. Als ehemals ein entsprechender Versuch mit Chlorsilber durch eine Commission der Akademie, bestehend aus den Herren Laplace, Malus und Arago, angestellt wurde, kam kein merklicher Erfolg zu Stande. Vielleicht wurde die Einwirkung des Lichtes nicht lange genug fortgesetzt. Jedenfalls wird Hr. Daguerre der Erste gewesen sein, welcher mittelst der Lichtstrahlen unseres Trabanten eine bemerkliche chemische Wirkung hervorgebracht hat.

„Die Erfindung des Herrn Daguerre ist die Frucht einer fortgesetzten Arbeit mehrerer Jahre, wobei er seinen Freund, den verstorbenen

Herrn Niepce in Chalons-sur-Saône zum Mitarbeiter gehabt. Für seine Mühen und Kosten eine Schadloshaltung suchend, konnte dieser ausgezeichnete Künstler sich nicht verhehlen, daß ein Erfindungs-Brevet seinem Zwecke nicht dienen würde; einmal zur öffentlichen Kenntniß gebracht, standen seine Verfahrungsarten Jedermann zu Gebote. Es erscheint also unerläßlich, daß die Regierung Herrn Daguerre direct entschädige, und daß Frankreich dann der ganzen Welt mit jener Entdeckung, welche so viel zu den Fortschritten der Künste und Wissenschaften beizutragen verspricht, ein großmüthiges Geschenk mache. In diesem Bezuge werde ich einen Antrag an das Ministerium oder an die Kammern stellen, sobald Hr. Daguerre, welcher sich bereit erklärt hat, mich in alle Details seiner Methode einzuweihen, mir bewiesen haben wird, daß diese Methode mit den bewundernswürdigen Vorzügen, von denen die schon erhaltenen Resultate ein so glänzendes Zeugniß geben, auch noch den von ihm angekündigten verbindet, wohlfeil und leicht auszuführen, und jeden Orts von Reisenden anwendbar zu sein."

Gemäß der vor der Akademie der Wissenschaften eingegangenen Verpflichtung verständigte ich mich alsbald mit dem Minister des Innern über die Vorlage eines Gesetzentwurfes an die Kammern, zu dem Zweck, das Publikum in Besitz der Entdeckung zu setzen, durch welche man im Stande ist, die Bilder der Camera obscura zu fixiren. Dieser Gesetzentwurf lautete so:

„Art. 1. Die vorläufige Uebereinkunft, welche am 14. Juni 1839 zwischen dem für Rechnung des Staats verhandelnden Minister des Innern, und den Herren Daguerre und Niepce Sohn abgeschlossen worden ist, wird genehmigt.

„Art. 2. Herrn Daguerre wird eine lebenslängliche jährliche Pension von 6000 Fr., Herrn Niepce Sohn eine lebenslängliche jährliche Pension von 4000 Fr. bewilligt.

„Art. 3. Diese Pensionen werden in das Buch der Civilpensionen des öffentlichen Schatzes eingetragen und sind zahlbar von der Kundmachung gegenwärtigen Gesetzes an; sie werden den Prohibitivgesetzen gegen die Cumulation nicht unterliegen; sie werden zur Hälfte auf die Wittwen der Herren Daguerre und Niepce übergehen."

Der Deputirtenkammer legte ich am 3. Juli 1839 im Namen einer zur Prüfung dieſes Geſetzentwurfes ernannten Commiſſion *) einen beifälligen Bericht vor, worin ich mich wie folgt ausdrückte:

„Das Intereſſe, welches man in und außerhalb dieſer Verſammlung für die Arbeiten, deren Erzeugniſſe jüngſt von Herrn Daguerre dem Publikum vorgelegt worden ſind, bezeugt hat, iſt lebhaft, außergewöhnlich und einſtimmig geweſen. Auch erwartet die Kammer aller Wahrſcheinlichkeit nach von ihrer Commiſſion blos eine ganz einfach ausgeſprochene Zuſtimmung zu dem von dem Herrn Miniſter des Innern vorgelegten Geſetzentwurfe. Nach reiflicher Erwägung indeß ſchien uns, daß der Auftrag, mit dem wir betraut waren, noch andere Forderungen an uns ſtellte. So beifallswürdig ſich der glückliche Gedanke darſtellte, Nationalbelohnungen für Erfinder auszuſetzen, deren Intereſſen auf dem gewöhnlichen Wege der Patente nicht gewahrt werden konnten, ſo wichtig erſchien uns von anderer Seite, beim erſten Schritte auf dieſer neuen Bahn zu zeigen, mit welcher Vorſicht, welchem Rückhalt die Kammer darauf eingehe. Indem wir die geniale Leiſtung, über die wir uns heute auszuſprechen haben, einer ſtrengen und ins Einzelnſte gehenden Prüfung unterwerfen, beabſichtigen wir, ehrgeizige Mittelmäßigkeiten zu entmuthigen, die ihrerſeits verſuchen möchten, Erzeugniſſe gewöhnlichen Schlages, welche keine Zukunft haben, in dieſe Verſammlung einzuſchwärzen; denken wir zu beweiſen, daß Sie gemeint ſind, Belohnungen, auf welche ein Anſpruch an Sie im Namen des Nationalruhms erhoben wird, auf einer ſehr hohen Stufe der Werthſtellung zu erhalten, niemals in deren Erniedrigung zu willigen, noch durch verſchwenderiſche Verleihung ihren Glanz zu ſchmälern.

„Dieſe wenigen Worte werden hinreichen, die Kammer darüber aufzuklären, was uns veranlaßt hat, zu unterſuchen:

„ob das Verfahren des Herrn Daguerre unzweifelhaft eine Erfindung iſt;

*) Dieſe Commiſſion beſtand aus den Herren Arago, Étienne, Carl, Vatout, de Beaumont, Tournouër, François Deleſſert, Combarel de Leyval, Vitet.

„ob dieſe Erfindung der Archäologie und den ſchönen Künſten Dienſte von einigem Werth leiſten kann;

„ob ſie praktiſch anwendbar ſein wird;

„endlich, ob ſich die Wiſſenſchaften Vortheil davon verſprechen dürfen.

Ich gebe nachher die techniſchen Erörterungen, in welche ich in meinem Berichte eingegangen bin, mit einigen weitern Ausführungen wieder. Den Bericht ſelbſt ſchloß ich mit folgenden Worten:

„Wir haben verſucht, das ganze Intereſſe hervorzuheben, welches die Entdeckung des Herrn Daguerre aus dem vierfachen Geſichtspunkte der Neuheit, der artiſtiſchen Nützlichkeit, der ſchnellen Ausführbarkeit und der ſchätzbaren Dienſte, welche ſie der Wiſſenſchaft zu leiſten verſpricht, darbietet. Wir haben uns beſtrebt, unſere Ueberzeugungen auf Sie mit zu übertragen, weil ſie lebendig und aufrichtig ſind, weil wir Alles mit der gewiſſenhaften Sorgfalt, die uns durch Ihren Auftrag zur Pflicht gemacht war, unterſucht, ſtudirt haben; ja, wenn es anders möglich geweſen wäre, die Wichtigkeit des Daguerreotyps und die Stelle, die es in der Meinung der Menſchen einnehmen wird, zu verkennen, ſo hätte jeder Zweifel ſchwinden müſſen, als wir ſahen, mit welchem Eifer fremde Nationen ein irrthümliches Datum, eine zweifelhafte Thatſache, den leichteſten Vorwand geltend zu machen ſuchten, um Prioritätsfragen zu erheben, und wo möglich die glänzende Zierde der photographiſchen Methoden zu dem Kranze von Entdeckungen zu fügen, mit dem ſich jede derſelben ſchmückt. Vergeſſen wir nicht, beſtimmt zu erklären, jede Discuſſion über dieſen Punkt iſt beendigt, minder noch in Rückſicht der authentiſchen, der unbeſtreitbaren Prioritäts-Anſprüche, auf welche die Herren Niepce und Daguerre ſich zu ſtützen haben, als der unglaublichen Vollkommenheit, welche Hr. Daguerre bei ſeinem Verfahren erreicht hat. Käme es darauf an, ſo würden wir hier leicht Zeugniſſe der vorzüglichſten Autoritäten Englands, Deutſchlands anführen können, gegen welche Alles verſchwindet, was bei uns Schmeichelhaftes über die Entdeckung unſeres Landsmanns geſagt iſt. Frankreich hat dieſe Entdeckung für die ſeinige erklärt, hat vom erſten Augenblicke an ſeinen Stolz darein geſetzt, der ganzen Welt damit ein freigebiges Geſchenk zu machen.

Auch hatte uns die Aufnahme nicht befremden können, welche eine Stelle, die infolge eines Mißverſtändniſſes in der Darlegung der Motive vorkommt, faſt allgemein im Publikum gefunden hat, wonach die Verwaltungsbehörde mit dem Erfinder gehandelt hätte, und die Vereinigung über die pecuniären Bedingungen des Contracts, deren Genehmigung bei Ihnen beantragt wird, nur durch ein Abhandeln zu Stande gekommen ſei. Es gilt, den wahren Sachverhalt wiederherzuſtellen.

„Niemals hat das Mitglied der Kammer, welches vom Herrn Miniſter des Innern bevollmächtigt war, mit Herrn Daguerre gehandelt. Ihre Unterhaltungen haben ſich einzig um die Frage gedreht, ob die von dem achtbaren Künſtler ſo wohl verdiente Belohnung in einer eingeſchriebenen Penſion (pension inscrite) oder einer ein- für allemal ausgezahlten Summe beſtehen ſollte. Von vorn herein drang ſich Herrn Daguerre die Bemerkung auf, daß die Stipulation einer fixen Summe dem abzuſchließenden Contracte den mesquinen Charakter eines Kaufvertrags aufdrücken würde. Anders bei einer Penſion. Mit einer Penſion belohnen Sie den Krieger, welcher auf den Schlachtfeldern verſtümmelt worden iſt, die Magiſtratsperſon, welche auf ihrem Sitze ergraut iſt; mit einer Penſion ehren Sie die Familien von Cuvier, von Juſſieu, von Champollion. Solche Erinnerungen konnten ihren Einfluß auf den hohen Sinn Herrn Daguerre's nicht verfehlen; er entſchloß ſich, den Antrag auf eine Penſion zu ſtellen. Im Uebrigen war es nach den eigenen Abſichten des Herrn Miniſters des Innern Hr. Daguerre ſelbſt, welcher den Betrag derſelben beſtimmte. Dieſe Beſtimmung ging auf 8000 Francs, zur Hälfte zwiſchen ihm und ſeinem Aſſocié, Herrn Niepce Sohn, theilbar; der für Herrn Daguerre ausgeworfene Antheil iſt ſeitdem auf 6000 Francs erhöht worden, ſei es wegen der, dieſem Künſtler insbeſondere auferlegten Bedingung, die Verfahrungsarten der Malerei und Beleuchtung bekannt zu machen, welche zu den Darſtellungen des ſeitdem in Aſche gelegten Dioramas gedient haben, ſei es wegen der von ihm übernommenen Verpflichtung, dem Publikum alle Vervollkommnungen zu überliefern, die er etwa noch an ſeinen photographiſchen Methoden anbringen möchte. Die Wichtigkeit einer ſolchen Verpflichtung wird ſicherlich Niemandem zwei-

felhaft erſcheinen können, wenn wir u. a. bemerken, daß es nur eines ganz kleinen Fortſchritts noch bedürfen wird, um Herrn Daguerre in den Stand zu ſetzen, mittelſt ſeiner Verfahrungsarten das Porträt lebender Perſonen zu fertigen. Wir unſererſeits, weit entfernt zu beſorgen, daß Hr. Daguerre andern Experimentatoren die Sorge überlaſſen möchte, ſeine jetzigen Erfolge weiter zu führen, haben vielmehr nur ſeinen Eifer zu mäßigen geſucht. Ja es war dies, wie wir offen bekennen, das Motiv, welches uns wünſchen ließ, daß Sie die Penſion für unverkümmerbar und unabtretbar (insaisissable et incessible) erklären möchten; doch haben wir uns überzeugt, daß ein ſolcher Zuſatz nach den Beſtimmungen des Geſetzes vom 22. Floréal des Jahres VII und der Verordnung des 7. Thermidor des Jahres X überflüſſig iſt. Die Commiſſion hat alſo blos den einſtimmigen Antrag an Sie zu ſtellen, den Geſetzvorſchlag der Regierung einfach und ohne Abänderung anzunehmen."

Die Kammer hat auf dieſen Bericht hin ohne alle Discuſſion das Geſetz genehmigt.

Zweites Kapitel.

Ueber die Camera obscura.

Ein neapolitaniſcher Phyſiker, J. B. Porta, machte vor ungefähr zwei Jahrhunderten die Beobachtung, daß wenn man eine ſehr kleine Oeffnung in dem Fenſterladen eines ſonſt wohl verfinſterten Zimmers, oder noch beſſer in einer dieſem Laden eingefügten, dünnen Metallplatte anbringt, ſich alle äußeren Gegenſtände, von denen die Strahlen zu dieſer Oeffnung gelangen können, auf der gegenüberliegenden Wand verkleinert oder vergrößert, je nach den Diſtanzen darſtellen, mit genauer Wahrung der Formen und Lagenverhältniſſe, wenigſtens innerhalb einer großen Ausdehnung des Tableaus, und mit den natürlichen Farben. Bald darauf entdeckte Porta, daß das Loch keineswegs klein zu ſein brauche, vielmehr eine beliebige Größe haben könne, wenn man es mit einem jener wohl polirten

Gläſer verſchließt, die wegen ihrer Geſtalt den Namen Linſen erhalten haben.

Die mittelſt eines bloßen Lochs erzeugten Bilder haben nur eine geringe Intenſität; die mit Hülfe der Linſe erzeugten ſtellen ſich mit einer der Flächengröße der Linſe proportionalen Helligkeit dar. Die erſten ſind niemals recht deutlich; wogegen die letzteren, falls ſie genau im Focus der Linſe aufgefangen werden, eine große Schärfe zeigen. Dieſe iſt ſeit der Erfindung der achromatiſchen Linſen zu einem wirklich ſtaunenswerthen Grade gediehen; ſeit man in den Stand geſetzt wurde, den aus einer einzigen Glasart beſtehenden einfachen Linſen, welche ſo viel verſchiedene Brennpunkte haben, als es verſchiedene Farben im weißen Lichte gibt, die achromatiſchen zu ſubſtituiren, wodurch alle mögliche Strahlen in einen einzigen Brennpunkt vereinigt werden; ſeitdem man ferner die periſkopiſche Geſtalt der Linſen angewandt hat.

Porta gab der Camera obscura eine portative Einrichtung. Jede ſeiner finſtern Kammern beſtand aus einem mehr oder minder langen, mit einer Linſe verſehenen Rohre. Der weißliche Schirm aus Papier oder Pappe, auf welchem die Bilder ſich darſtellen ſollten, war im Brennpunkte angebracht. Der neapolitaniſche Phyſiker beſtimmte dieſe kleinen Apparate für Perſonen, welche nicht zeichnen gelernt haben. Nach ihm war es nur nöthig, um vollkommen genaue Darſtellungen von den complicirteſten Gegenſtänden zu erhalten, die Umriſſe des Focal-Bildes mit einer Bleiſtiftſpitze zu verfolgen.

In dieſer Hinſicht jedoch hat Porta zu viel von ſeinem Apparate erwartet. Die Maler, die Zeichner, namentlich ſolche, welche die großen Bildflächen für Panoramen und Dioramen auszuführen haben, bedienen ſich allerdings manchmal noch der Camera obscura, aber blos, um die Umriſſe der Gegenſtände im Großen nach ihren wahren Größen- und Lagenverhältniſſen, unter Wahrung aller Forderungen der Linien-Perſpective aufzunehmen. Was die von der unvollkommenen Durchſichtigkeit unſerer Atmoſphäre abhängigen Wirkungen anlangt, welche man mit dem ziemlich ungeeigneten Namen der Luftperſpective belegt hat, ſo konnten Maler, die ſelbſt nicht der Uebung ermangelten, keinen Nutzen von Anwendung der Camera obscura für

deren Wiedergabe erwarten. Dennoch mußte ſich Jedem, welcher Gelegenheit gehabt hat, die Schärfe der Umriſſe, die Wahrheit der Formen und Farben, die genaue Abſtufung der Tinten in den durch dies Inſtrument erzeugten Bildern zu beobachten, das lebhafte Bedauern aufdrängen, daß ſie nicht von ſelbſt ſich zu erhalten vermögen, zugleich mit dem Wunſche, es möge ein Mittel gefunden werden, ſie auf dem im Brennpunkte befindlichen Schirme zu fixiren. Allen aber, muß man hinzufügen, erſchien dies als ein Traum, dem ſich nur unter den ausſchweifenden Plänen eines Wilkins oder eines Cyrano von Bergerac eine Stelle geben ließ. Doch hat dieſer Traum ſeine Verwirklichung gefunden. Wir wollen jetzt der Erfindung von ihrem erſten Keime an durch ihre Fortſchritte achtſam folgen.

Drittes Kapitel.

Aeltere Verſuche, die Bilder in der Camera obscura zu fixiren.

Den Alchimiſten gelang es vor Zeiten, das Silber mit einem der Beſtandtheile der Salzſäure zu verbinden. Das Product dieſer Verbindung war ein weißes Salz, welches ſie Hornſilber nannten.*) Dieſes Salz zeigt die merkwürdige Eigenſchaft, ſich am Lichte zu ſchwärzen, um ſo ſchneller, je lebhafter das Licht einwirkt. Man überziehe ein Papierblatt mit einer Schicht Hornſilber, oder, wie man es heutzutage nennt, Chlorſilber, und erzeuge mittelſt einer Linſe das Bild eines Gegenſtandes darauf; die dunkeln Theile des Bildes, auf welche kein Licht fällt, werden weiß bleiben; die ſtark beleuchteten Theile werden ganz ſchwarz werden; die Halbtinten werden ſich in mehr oder minder dunklem Grau darſtellen.

Man lege einen Kupferſtich auf Papier, welches einen Ueberzug

*) In einem Werke von Fabricius (De rebus mettallicis), welches im Jahre 1556 gedruckt iſt, wird ſchon weitläufig von einer Art Silbererz unter dem Namen Hornſilber gehandelt, welches die Farbe und Durchſcheinbarkeit des Horns, die Schmelzbarkeit und Weichheit des Wachſes hat. Dieſe Subſtanz ging unter der Einwirkung des Lichts aus Gelblichgrau in Violett, und bei verlängerter Einwirkung beinahe in Schwarz über. Dies war das natürliche Hornſilber.

von Chlorsilber hat, und setze das Ganze, den Kupferstich nach oben, dem Sonnenlichte aus. Die schwarzen Stellen des Stiches werden die Strahlen aufhalten, und die darunter liegenden Stellen des Chlorsilberüberzuges ihre ursprüngliche Weiße bewahren. Hingegen wird das Licht an den Stellen, wo das Scheidewasser oder der Grabstichel nicht gewirkt haben, wo das Papier halb durchsichtig geblieben ist, durchgehen und die Chlorsilberschicht schwärzen. Das Ergebniß dieses Versuchs wird also ein Bild sein, welches den Stich in seinen Formen richtig aber in seinen Tinten verkehrt wiedergibt: das Weiß wird sich durch Schwarz ersetzt finden, und ebenso umgekehrt.

Man könnte meinen, daß diese Anwendungen der schon von den alten Alchimisten entdeckten, merkwürdigen Eigenschaft des Chlorsilbers sich von selbst und frühzeitig dargeboten haben müßten; aber in dieser Weise gehen die Fortschritte des menschlichen Geistes nicht vor sich. Wir werden bis zu den ersten Jahren des 19. Jahrhunderts herabsteigen müssen, um die ersten Spuren der photographischen Kunst zu finden.

Da sehen wir Charles, unsern Landsmann, in seinen Vorlesungen sich eines durch einen Ueberzug vorbereiteten Papiers zur Erzeugung von Silhouetten mittelst Einwirkung des Lichtes bedienen. Charles starb, ohne die Zubereitung, deren er sich bediente, zu beschreiben, und da ein Geschichtschreiber der Wissenschaften, um nicht einer gänzlichen Verwirrung anheimzufallen, blos auf gedruckte, authentische Documenten zu fußen hat, wird man es nur gerecht finden können, wenn die ersten Grundzüge der neuen Kunst auf eine Abhandlung des Fabrikanten Wedgwood zurückgeführt werden, der sich durch die Vervollkommnung der Thonwaaren und die Erfindung eines zur Messung der höchsten Temperaturen dienlichen Pyrometers einen großen Namen in der industriellen Welt erworben.

Die Abhandlung Wedgwood's erschien im Jahr 1802 in der Juni-Nummer des Journals of the royal Institution of Great Britain. Der Verfasser will theils mit Hülfe von Häuten, theils Papieren, welche mit Chlorsilber, oder salpetersaurem Silber überzogen sind, Glasmalereien von Kirchenfenstern so wie Kupferstiche copiren. „Die mittelst der Camera obscura erzeugten Bilder zeigten sich (nach dem

reinen Wortlaute der Abhandlung) zu ſchwach, um in einer mäßigen Zeit auf das ſalpeterſaure Silber zu wirken." (The images formed by means of a camera obscura have been found to be too faint to produce, in any moderate time, an effect upon the nitrate of silver.)

Der Commentator von Wedgwood, der berühmte Humphry Davy, widerſpricht der Angabe bezüglich der Bilder der Camera obscura nicht. Er fügt blos ſeinerſeits hinzu, daß es ihm gelungen ſei, ſehr kleine Objecte mittelſt des Sonnenmikroſkops zu copiren, aber blos in kleinem Abſtande von der Linſe.

Uebrigens fanden weder Wedgwood noch Humphry Davy das Mittel, nach einmal beendigter Operation dem Ueberzuge, auf dem ihre Bilder erzeugt waren, die Eigenſchaft ſich ferner am Lichte zu ſchwärzen, zu entziehen. Demnach ließen ſich die von ihnen erhaltenen Copieen nicht am vollen Tageslichte unterſuchen, durch deſſen Wirkung vielmehr Alles in ganz kurzer Zeit gleichförmig ſchwarz werden mußte. Was konnte es nun viel fruchten, Bilder zu erzeugen, auf die ſich nur ein verſtohlener Blick, und das blos bei Lampenlichte, werfen ließ, die bei Betrachtung am Tageslichte in kurzer Zeit verſchwanden?

Viertes Kapitel.

Aſſociation der Herren Niepce und Daguerre.

Nach den unvollkommenen bedeutungsloſen Verſuchen, die wir dargelegt, kommen wir, ohne noch dazwiſchen auf einen erwähnenswerthen Fortſchritt zu ſtoßen, zu den Unterſuchungen der Herrn Niepce und Daguerre.

Der ſeither verſtorbene Niepce lebte als Eigenthümer zurückgezogen in der Umgegend von Chalon-ſur-Saone, und widmete ſeine Muße wiſſenſchaftlichen Unterſuchungen. Eine derſelben, bezüglich einer gewiſſen Maſchine, worin die Spannkraft ſchnell erhitzter Luft die Kraft des Dampfes erſetzen ſollte, beſtand mit ziemlichem Erfolge eine nicht eben leichte Prüfung, die Unterſuchung ſeitens der Akademie der Wiſſenſchaften. Die photographiſchen Unterſuchungen des Herrn

Niepce ſcheinen bis zum Jahre 1814 zurückzugehen. Seine erſten Verbindungen mit Herrn Daguerre datiren vom Januar 1826. Die Indiscretion eines pariſer Optikers ließ ihn erfahren, daß Herr Daguerre ebenfalls mit Verſuchen beſchäftigt ſei, welche darauf ausgingen, die Bilder der Camera obscura zu fixiren. Dieſe Thatſachen werden durch Briefe bezeugt, welche uns vorgelegen haben. Im Falle ſtreitender Anſprüche würden alſo die erſten photographiſchen Arbeiten des Herrn Daguerre mit Sicherheit auf das Jahr 1826 zurückzuführen ſein.

Herr Niepce begab ſich im Jahre 1827 nach England. Im December deſſelben Jahres überreichte er der königlichen Geſellſchaft in London eine Abhandlung über ſeine photographiſchen Arbeiten mit mehreren Probeſtücken auf Metall nach den ſchon von ihm entdeckten Methoden. Bei Gelegenheit einer Prioritätsreclamation ſind dieſe Probeſtücke noch in gutem Zuſtande aus den Sammlungen verſchiedener engliſcher Gelehrten loyaler Weiſe ſeitdem wieder zum Vorſchein gebracht worden. Sie beweiſen ohne Widerſpruch, daß Herr Niepce ſchon im Jahre 1827 für die photographiſche Copie von Kupferſtichen, für die Herſtellung von Platten, auf welche die Zeichnungen mit vielen Details übertragen waren, zum Gebrauch für Kupferſtecher die Mittel beſaß, Schatten durch Schatten, Halbtinten durch Halbtinten, Lichter durch Lichter wiederzugeben; daß er überdieß im Stande war, die einmal erzeugten Copieen gegen die ferner ſchwärzende Einwirkung der Sonnenſtrahlen zu ſichern. Mit einem Worte, die Wahl der von dem geſchickten Experimentator in Chalon angewandten Ueberzüge ließ ſeit 1827 ein Problem gelöſt erſcheinen, womit der Scharfſinn eines Wedgwood, eines Humphry Davy ſich ohne Erfolg beſchäftigt hatte.

Der (einregiſtrirte) Aſſociationsvertrag zwiſchen den Herren Niepce und Daguerre über die gemeinſame Ausbeutung der photographiſchen Methoden datirt vom 14. Dec. 1829. Die ſpätern Vertragsacte zwiſchen Herrn Iſidor Niepce, Sohn, als Erben ſeines Vaters, und Herrn Daguerre erwähnen, erſtens Vervollkommnungen, welche der pariſer Maler an der Methode des Phyſikers von Chalon anbrachte, zweitens ganz neue Verfahrungsarten, welche Herr Daguerre entdeckt hatte, und welche den Vortheil darboten (es ſind die eigenen

Worte eines dieſer Acte) „die Bilder mit ſechzig- bis achtzig Mal ſo großer Schnelligkeit hervorzubringen, als nach den alten Verfahrungsweiſen.“

Fünftes Kapitel.

Verfahren des Herrn Niepce.

In unſern vorigen Mittheilungen über die Arbeiten des Herrn Niepce wird man unſtreitig die Beſchränkung bemerkt haben, welche in den Worten lag: „für die photographiſche Copie von Kupferſtichen.“ In der That hatte Herr Niepce, nach vielen unfruchtbaren Verſuchen, es auch ſeinerſeits ſo ziemlich aufgegeben, die Bilder der Camera obscura mit ſeinen Verfahrungsarten wiederzugeben, weil das Licht nicht raſch genug auf die von ihm angewandten Präparate einwirkte, weil 10 bis 12 Stunden nöthig waren, ein Abbild zu Stande zu bringen, weil während eines ſo langen Zeitraumes die Schatten ſehr fortrückten, von der linken nach der rechten Seite der Gegenſtände übergingen; weil dieſe Bewegung überall, wo ſie ſtattfand, verwaſchene gleichförmige Tinten hervorrief; weil in den Erzeugniſſen einer ſo mangelhaften Methode alle von den Contraſten zwiſchen Schatten und Licht abhängigen Effecte verloren gingen; weil, abgeſehen von dieſen außerordentlichen Nachtheilen, der Erfolg nicht einmal ſicher war; weil nach zahlloſen Vorſichten unvorherzuſehende Zufälligkeiten noch bewirkten, daß man einmal ein leidliches Reſultat, andermal ein unvollſtändiges oder hier und da durch große Lücken entſtelltes Bild erhielt; weil endlich die Ueberzüge, auf welchen die Bilder entſtanden, ſich an den Sonnenſtrahlen, wenn nicht ſchwärzten, aber zertheilten und in kleinen Schuppen ablöſten.

Im Uebrigen iſt folgendes die kurze Darſtellung des Niepce'ſchen Verfahrens.

Herr Niepce löſte trocknes Asphalt (Judenpech) in Lavendelöl auf, und erhielt dadurch einen dicken Firniß, den er mittelſt Ballen oder Bäuſchen auf eine polirte Metallplatte, z. B. auf plattirtes, d. i. mit einem Silberblatt überzogenes Kupfer auftrug.

Nachdem die Platte einer gelinden Hitze ausgesetzt worden, blieb sie mit einer anhaftenden weißlichen Schicht überzogen, welche aus pulvrigem Asphalt bestand.

Die so überzogene Platte wurde in den Focus der Camera obscura gestellt. Nach einer gewissen Zeit zeigten sich auf dem Pulver schwache Züge des Bildes. Herr Niepce hatte den sinnreichen Gedanken, daß diese, nur wenig sichtbaren Züge sich verstärken lassen könnten. In der That fand er, daß, wenn er seine Platte in ein Gemisch von Lavendelöl und Steinöl tauchte, die der Wirkung des Lichtes ausgesetzt gewesenen Stellen des Ueberzuges fast unangegriffen blieben, indeß die andern sich schnell auflösten und das Metall frei ließen. Nachdem die Platte mit Wasser gewaschen worden, hatte man also darauf das in der Camera obscura erzeugte Bild, wobei Lichter durch Lichter, Schatten durch Schatten wiedergegeben waren. Die Lichter wurden durch das von der weißlichen matten Materie des Asphalts zerstreute Licht gebildet; die Schatten durch die freigelegten blanken Theile des Metallspiegels, unter der Bedingung wohlverstanden, daß sich dunkle Gegenstände darin spiegelten, und daß kein etwas lebhaftes Licht dadurch nach dem Auge zurückgeworfen werden konnte. Die Halbtinten, wenn solche existirten, konnten durch den Theil des Firnisses erzeugt werden, den eine theilweise Durchdringung mit dem Auflösungsmittel minder matt gemacht hatte, als die unangegriffen gebliebenen Stellen.

Der in ein unfühlbares Pulver verwandelte Asphalt hat keine sehr entschieden weiße Farbe. Man kommt der Wahrheit näher, wenn man sie grau nennt. Der Contrast zwischen Licht und Schatten in den Bildern des Herrn Niepce war also gar nicht sehr stark. Um den Effect zu erhöhen, hatte der Erfinder daran gedacht, die freigelegten Theile des Metalls nochmals nachzuschwärzen, indem er sie durch Schwefelkalium oder Jod angreifen ließ; doch scheint ihm nicht beigefallen zu sein, daß letztere Substanz durch die Wirkung des Tageslichtes fortgehende Veränderungen erfahren haben würde. Jedenfalls sieht man, daß Herr Niepce sich des Jods nicht als einer für das Licht empfindlichen Substanz zu bedienen beabsichtigte; sondern dasselbe blos zur Schwärzung verwenden wollte, nachdem das Bild in der Camera ob-

scura ſchon erzeugt und durch die Wirkung des Löſungsmittels verſtärkt, oder, wenn man lieber will, freigelegt war. Was würde bei einem ſolchen Verfahren aus den Halbtinten geworden ſeyn?

Zu den hauptſächlichſten Uebelſtänden der Niepce'ſchen Methode gehört, daß eine zu ſtarke Einwirkung des Löſungsmittels den Firniß manchmal ſtellenweiſe faſt ganz entfernte, indeß eine zu ſchwache Einwirkung das Bild nicht deutlich genug hervortreten ließ. Der Erfolg war niemals geſichert.

Sechſtes Kapitel.

Abänderungen, welche von Herrn Daguerre an Niepce's Verfahren angebracht worden ſind.

Herr Daguerre erfand eine Methode, welche die verbeſſerte Niepce'ſche Methode genannt worden iſt. Zuvörderſt ſubſtituirte er für den Asphalt den Deſtillationsrückſtand des Lavendelöls in Rückſicht ſeiner größern Weiße und größern Empfindlichkeit. Dieſer Rückſtand ward in Alkohol oder Aether aufgelöſt. Die Auflöſung, in einer ſehr dünnen und horizontalen Schicht auf Metall aufgetragen, hinterließ nach der Verdunſtung einen gleichförmigen pulverigen Ueberzug darauf, wie ſich ſolcher mittelſt Auftragung durch Bäuſche nicht erhalten ließ.

Nachdem die ſo zubereitete Platte der Wirkung des Focus der Camera obscura unterlegen, ward ſie horizontal in einer gewiſſen Entfernung über ein Gefäß angebracht, welches ein ſchwach erhitztes ätheriſches Oel enthielt.

Bei dieſer Operation, welche angemeſſen beſchränkt ward, und wobei überdieß ein bloßer Blick hinreichte, die rechten Gränzen treffen zu laſſen, fand Folgendes ſtatt:

Der aus dem Oel entwickelte Dampf ließ die Theilchen des pulverigen Ueberzuges, welche die Wirkung eines ſtarken Lichtes erfahren hatten, unangegriffen.

Er durchdrang zum Theil, mehr oder minder, die Stellen dieſes Ueberzuges, welche in der Camera obscura den Halbtinten entſprachen.

Die im Schatten gebliebenen Theile wurden vollständig durchdrungen.

Hier zeigte ſich das Metall an keiner Stelle des Bildes frei; hier entſtanden die Lichter durch das Zuſammenballen (agglomération) einer Menge weißer ganz matter Theilchen; die Halbtinten durch gleichfalls vereinigte (condensées) Theilchen, deren Weiße und matte Beſchaffenheit aber durch den Dampf mehr oder weniger vermindert war, die Schatten durch immer in gleicher Zahl vorhandene und ganz durchſichtig gewordene Theilchen.

Ein Zuwachs von Glanz, größere Mannigfaltigkeit von Tönen, mehr Regelmäßigkeit, das ſichere Gelingen der Manipulation und die ſichere Erhaltung aller Theile des Bildes, dies waren die Vortheile der von Herrn Daguerre an der Niepce'ſchen Methode angebrachten Abänderungen. Leider iſt der Rückſtand des Lavendelöls, wenn ſchon empfänglicher für die Wirkung des Lichtes als der Asphalt, doch immer noch träge genug, ſo daß die Bilder ſich erſt nach ziemlich langer Zeit zu entwickeln anfangen.

Die Art von Veränderung, welche der Rückſtand des Lavendelöles durch die Wirkung des Lichtes erleidet, und infolge deren er von den Dämpfen ätheriſcher Oele mehr oder minder ſchwer durchdrungen wird, iſt uns noch unbekannt. Vielleicht hat man ſie blos als eine einfache Austrocknung der Theilchen, vielleicht auch als eine neue Molecularanordnung anzuſehen. Nach einer wie der andern Vorausſetzung würde ſich der Umſtand erklären, daß die Veränderung allmälich ſich abſchwächt, und in der Länge der Zeit, ſelbſt in völliger Dunkelheit, verſchwindet.

Siebentes Kapitel.

Daguerre'ſches Verfahren.

Bei dem Verfahren, welchem das dankbare Publikum den Namen Daguerreotypiren gegeben hat, beſteht der Ueberzug der ſilberplattirten Platte, der Grund, welcher das Bild aufnimmt, aus einer goldgelben Schicht, die ſich auf der Platte bildet, wenn man die-

ſelbe während einer gewiſſen Zeit horizontal, mit der Silberfläche nach unten, in einem Kaſten anbringt, auf deſſen Boden ſich einige, der freiwilligen Verdunſtung überlaſſene Jodtheilchen finden.

Wenn dieſe Platte aus der Camera obscura hervorgeht, ſieht man nicht die geringſte Spur eines Bildes darauf. Die gelbliche Schicht von Jodſilber, welche das Bild aufgenommen hat, erſcheint noch gleichförmig in ihrer ganzen Ausdehnung.

Wird aber die Platte in einem zweiten Kaſten dem aufſteigenden Strome des Dampfes ausgeſetzt, der ſich aus einer Schaale erhebt, worin Queckſilber mittelſt einer Weingeiſtlampe auf 75° C. erwärmt iſt, ſo erfolgt ſogleich die merkwürdigſte Wirkung; der Dampf ſetzt ſich reichlich an den Theilen der Plattenoberfläche ab, welche von einem lebhaften Lichte getroffen waren, läßt die im Schatten gebliebenen Theile unangegriffen, und ſchlägt ſich endlich an den Stellen, welche von den Halbtinten eingenommen waren, in größerer oder geringerer Menge nieder, je nachdem ſich dieſe mehr dem Lichten oder dem Schwarz näherten. Mit Hülfe des ſchwachen Lichtes einer Kerze kann der Operateur das allmäliche Zuſtandekommen des Bildes ſchrittweis verfolgen, kann ſehen, wie der Queckſilberdampf, gleich einem Pinſel von äußerſter Feinheit, jedem Theile der Platte den erforderlichen Ton gibt.

Nachdem das in der Camera obscura erzeugte Bild ſolchergeſtalt wieder zum Vorſchein gebracht iſt, gilt es, zu verhindern, daß es nicht durch das Tageslicht verändert werde. Herr Daguerre erreicht dies dadurch, daß er die Platte in einer Auflöſung von unterſchweflig-ſaurem Natron ſpült, und dann mit heißem deſtillirten Waſſer wäſcht.

Nach Herrn Daguerre kommt das Bild beſſer auf einer plattirten (d. i. mit einem Silberblatt überzogenen) Kupferplatte als auf einer bloßen Silberplatte zum Vorſchein; was, wenn es ſich beſtätigen ſollte, darauf hinweiſen würde, daß die Elektricität bei dieſer merkwürdigen Erſcheinung eine Rolle ſpielt.

Die plattirte Kupferplatte muß erſt mit Bimsſtein abgerieben und dann mit verdünnter Salpeterſäure blank gemacht werden; der große Nutzen, welchen die Säure hierbei äußert, könnte nach Herrn Pelouze's Anſicht wohl daran hängen, daß dieſe Säure der Silberfläche die letzten Kupfertheilchen entzieht.

Wenn ſchon die Dicke der gelben Jodſchicht nach verſchiedenen von Herrn Dumas angeſtellten Wägungen nicht über ein Millionentheil eines Millimeter ſcheint betragen zu können, ſo iſt doch zur Erlangung einer vollkommenen Abſtufung von Schatten und Licht weſentlich, daß dieſe Dicke durchgehends vollkommen gleichförmig ſei. Um zu verhindern, daß ſich nicht mehr Jod an den Rändern als in der Mitte abſetze, bringt Herr Daguerre um ſeine Platte eine fingerbreite Leiſte von demſelben Metall an, die mit Nägeln auf dem das Ganze tragenden hölzernen Brettchen befeſtigt iſt. Die phyſiſche Wirkungsweiſe dieſer Leiſte iſt noch nicht genügend erklärt.

Hier noch ein nicht minder geheimnißvoller Umſtand: verlangt man, daß das Bild ſeine größte Wirkung in der gewöhnlichen Stellung der Bilder, d. i. der verticalen, hervorbringe, ſo muß man die Platte dem vertical aufſteigenden Strome des Queckſilberdampfes unter einer Neigung von 45° darbieten. Lag die Platte bei der Niederſchlagung des Queckſilbers, wo das Bild entſteht, horizontal, ſo hat man es dann unter einem Winkel von 45° zu betrachten, um den größten Effect zu erlangen.

Verſucht man ſich Rechenſchaft von der Wirkungsweiſe der ſonderbaren Proceduren des Herrn Daguerre zu geben, ſo bietet ſich unmittelbar der Gedanke dar, daß das Licht in der Camera obscura überall, wo es auf die goldgelbe Schicht trifft, eine Verflüchtigung des Jods bewirkt und das Metall freilegt; daß der Queckſilberdampf während der zweiten Operation auf dieſe freigelegten Theile wirkt und daſelbſt ein weißes mattes Amalgam erzeugt; und daß das Waſchen mit dem unterſchwefligſauren Natron chemiſcherſeits den Zweck hat, die Jodtheilchen zu entfernen, welche durch das Licht nicht frei gemacht wurden, artiſtiſcherſeits die ſpiegelnden Theile bloszulegen, welche die ſchwarzen Stellen im Bilde zu geben haben.

Wie kommt aber dieſe Theorie mit jenen zahlloſen und ſo wunderbar abgeſtuften Halbtinten zurecht, welche die Daguerre'ſchen Bilder darbieten? Außerdem genügt eine einzige Thatſache zum Beweiſe, daß der Hergang nicht ſo einfach iſt.

Die plattirte Kupferplatte nimmt durch den goldgelben Ueberzug in keiner merklichen Weiſe an Gewicht zu; wogegen durch die Ein-

wirkung des Queckſilberdampfes eine ſehr bemerkliche Gewichtsvermehrung entſteht. Nun hat ſich Herr Pelouze überzeugt, daß die Platte nach der Abwaſchung mit unterſchwefligſaurem Natron, ungeachtet des Vorhandenſeins von ein wenig Amalgam an der Oberfläche weniger wiegt, als vor Beginn der Operation. Das unterſchwefligſaure Natron nimmt alſo Silber weg. Auch beſtätigt ſich dies durch die chemiſche Analyſe der Flüſſigkeit.

Um ſich Rechenſchaft von den Lichteffecten zu geben, welche die Daguerre'ſchen Bilder darbieten, ſchien die Annahme genügend, daß ſich die Silberfläche durch die Einwirkung des Queckſilberdampfes mit Amalgamkügelchen bedecke; daß dieſe in den Lichtern ſehr gedrängten Kügelchen in den Halbtinten mehr und mehr an Zahl abnehmen, bis zu den ſchwarzen Stellen, wo ſich keine mehr finden.

Die Vorausſetzung des Phyſikers hat ſich beſtätigt. Herr Dumas hat mittelſt des Mikroſkops erkannt, daß die Lichter und Halbtinten in der That durch Kügelchen gebildet werden, deren Durchmeſſer ihm, ſo wie Herrn Adolph Brogniart, ſehr regelmäßig $^1/_{800}$ Millimeter zu betragen ſchien. Wozu aber dann das Erforderniß einer Neigung der Platte um 45° während der Niederſchlagung des Queckſilberdampfes? Sollte nicht dieſe Neigung, vorausgeſetzt daß ſie, wie es Herrn Daguerre's Anſicht iſt, wirklich weſentlich iſt, dafür ſprechen, daß dabei Nadeln oder kryſtalliniſche Fäden ins Spiel kommen, die ſich beim Erſtarren in einer vollkommenen oder halbvollkommenen Flüſſigkeit immer vertical anordnen, und ſolchergeſtalt gegen die Plattenoberfläche eine von deren Stellung abhängige Lage annehmen?

Vielleicht wird man noch Tauſende von ſchönen Bildern mittelſt des Daguerreotyps fertigen, ehe ſeine Wirkungsweiſe vollkommen aufgeklärt ſein wird.

Ueberſetzt man die Unvollkommenheiten des Niepce'ſchen Verfahrens, die ich oben (S. 390) anführte, in ihr Gegentheil, ſo hat man darin ſo ziemlich ſämmtliche Vorzüge der Methode, welche Herr Daguerre durch eine Unzahl minutiöſer, mühſamer, koſtſpieliger Verſuche entdeckt hat.

Die ſchwächſten Strahlen wirken noch verändernd auf die empfindliche Subſtanz des Daguerreotyps ein; die Wirkung erfolgt, be-

vor die von der Sonne geworfenen Schatten ihre Stelle merklich haben ändern können; die Erfolge ſind bei Beachtung ganz einfacher Vorſchriften ſicher; endlich vermag ſelbſt eine jahrelang fortgeſetzte Wirkung der Sonnenſtrahlen die einmal erzeugten Bilder weder in ihrer Reinheit noch ihrem Glanze noch ihrer Harmonie zu beeinträchtigen.

Achtes Kapitel.

Prüfung einiger Prioritätsanſprüche.

Nach Erſcheinen des Berichtes der Akademie der Wiſſenſchaften, in welchem ich zum erſten Male von den durch Herrn Daguerre erhaltenen Reſultaten ſprach, ſchrieb Herr Talbot, ein ſehr verdienſtvoller engliſcher Phyſiker, Folgendes an Herrn Biot und mich.

London, den 29. Januar 1839.

„Meine Herren!

„In Kurzem werde ich die Ehre haben, an die Akademie der Wiſſenſchaften eine förmliche Prioritäts-Reclamation der von Herrn Daguerre angekündigten Erfindung, bezüglich ihrer beiden Hauptpunkte zu richten:

„1) Firation der Bilder der Camera obscura.

„2) Nachfolgende Erhaltung der Bilder, ſo daß ſie das volle Sonnenlicht vertragen.

„Da ich in dieſem Augenblicke durch die Abfaſſung einer Abhandlung ſehr in Anſpruch genommen bin, welche ich übermorgen in der königlichen Societät vorleſen werde, ſo begnüge ich mich, Sie zu bitten, den Ausdruck meiner vollen Hochachtung zu genehmigen.

H. F. Talbot,
Mitglied der königlichen Societät in London."

Ich theilte dieſes Schreiben, wie ich verpflichtet war, der Akademie der Wiſſenſchaften mit, und begleitete es mit den folgenden Bemerkungen:

„Herr Talbot hat zu viel Geiſt, iſt ein zu guter Logiker, um in einer Prioritätsfrage eine Abhandlung, mit welcher er am 29. Jan.

1839 ſehr beſchäftigt war, gegen eine der Akademie ſchon vor mehr als einem Monat von Herrn Daguerre zugegangene Mittheilung in Anſchlag bringen zu wollen. Unſtreitig hat Herr Talbot noch andere Anſprüche geltend zu machen. Folgendes ſind einige Punkte, deren Erwägung ihm anheimzugeben ſein wird.

„Die erſte Idee, die Bilder der Camera obscura oder des Sonnenmikroſkops auf gewiſſen chemiſchen Subſtanzen zu fixiren, gehört weder Herrn Daguerre noch Herrn Talbot an: Herr Charles, Mitglied der Akademie der Wiſſenſchaften, ging mit der Verfertigung von Silhouetten in ſeinen öffentlichen Vorleſungen voran, Herr Wedgwood folgte.

„Die erſten Verſuche von Herrn Niepce in Chalon-ſur-Saone zur Vervollkommnung des Verfahrens von Herrn Charles oder Wedgwood datiren von 1814.

„Wir haben authentiſche Belege, gerichtliche Zeugniſſe, daß Herr Niepce im Jahr 1826 Bilder zu erzeugen wußte, die nach einer gewiſſen Operation, welche wir ſeiner Zeit und ſeines Ortes zur öffentlichen Kenntniß bringen werden, der fernern Einwirkung der Sonnenſtrahlen widerſtehen.

„Wir ſind im Beſitz von Bildern, welche nach der von Herrn Daguerre verbeſſerten Niepce'ſchen Methode auf verſchiedenen Subſtanzen ausgeführt ſind, und die bis 1832 zurück datiren.

„Außerdem liegt der Aſſociations-Vertrag vom 14. Dec. 1829 vor, welcher nach den Vorſchriften des Geſetzes unter dem Datum des 13. März 1830 einregiſtrirt iſt, und nach welchem die Herren Niepce und Daguerre ſich verbunden hatten, das Verfahren, zu deſſen Erfindung ſie gemeinſchaftlich beigetragen, gemeinſchaftlich auszubeuten.

„Endlich könnten wir aus der Correſpondenz des am 5. Juli 1833 verſtorbenen Herrn Niepce beweiſen, daß Herr Daguerre ſchon bei Lebzeiten ſeines Freundes im vollen Beſitze des ganz neuen Verfahrens war, deſſen er ſich gegenwärtig bedient, und daß mehrere der Bilder, welche die Bewunderung des Publikums ſo ſehr auf ſich gezogen haben, ſchon zu dieſer Zeit exiſtirten.

„Seit fünf bis sechs Jahren hat die Methode des Herrn Daguerre blos noch geringe Verbesserungen erfahren, deren Erforderniß allein von einem ausgezeichneten Künstler gefühlt werden konnte.

„Herr Talbot muß von der Sachlage nicht gehörig unterrichtet gewesen sein, sofern er in seinem Schreiben blos von einer angekündigten Entdeckung spricht. Herr Daguerre hat unendlich mehr gethan, als seine Entdeckung blos anzukündigen; er hat die Erzeugnisse derselben aller Welt vor Augen gelegt: Franzosen, Engländer, Deutsche, Italiener, Russen fanden sich täglich in seinem Cabinet zusammen, und vereinigten sich in dem rückhaltslosen Ausdrucke ihrer Bewunderung.

„Vollkommen eingeweiht in alle Details der neuen Methode, habe ich mich durch Aufnahme einer Ansicht des Boulevard du Temple überzeugt, daß man keineswegs Maler oder Zeichner zu sein braucht, um der Methode eben so gute Erfolge abzugewinnen, als Herr Daguerre selbst. Bei Betrachtung mit der Loupe fand man in dieser Ansicht sehr ferne Gegenstände, wie Blitzableiterstangen, mit unglaublicher Schärfe wiedergegeben, ohne daß sich mit bloßen Augen etwas davon erkennen ließ.

„Der Hauptpunkt, wodurch sich die Daguerre'sche Methode von der Niepce'schen unterscheidet, liegt in der Schnelligkeit.

„Die Gegenstände geben ihr Bild, ehe die Schatten Zeit gehabt haben, ihre Stelle zu ändern. Die Halbtinten, alle Verhältnisse der Luftperspective finden sich mit einer Wahrheit und Feinheit wiedergegeben, wie sie durch keine Zeichenkunst erreichbar schienen. Ich zweifle nicht, daß es gelingen wird, ein Abbild des Vollmondes mit genauer Wiedergabe seiner Schattirung zu erhalten, wenn man die mit der neuen Substanz imprägnirte Platte an ein durch das Uhrwerk einer parallaktischen Maschine geführtes Fernrohr anbringt."

Infolge vorstehender der Akademie der Wissenschaften von mir gemachten Mittheilung ergriff Herr Biot das Wort, um zu erklären, daß er seinerseits von Herrn Talbot einen dem oben mitgetheilten ganz gleichen Brief erhalten habe; daß er geglaubt habe, diesem Ge-

lehrten seien die Umstände, infolge deren die Entdeckung des Herrn Daguerre zu ihrer jetzigen Publicität gelangt ist, wahrscheinlich nicht vollständig bekannt gewesen, und daß er es daher angemessen gehalten habe, denselben darüber mit folgenden Worten aufzuklären:

„Mein Herr!

„So eben erhalte ich den Brief, mit dem Sie mich beehren, um mir Ihre Absicht mitzutheilen, demnächst an die Akademie der Wissenschaften eine förmliche Prioritäts-Reclamation bezüglich der von Herrn Daguerre angekündigten Entdeckung zu richten.

„Sie werden mir unstreitig das gerechte Zutrauen nicht versagen, daß ich über einen so zarten Gegenstand mich auf keine vorgefaßte Meinung hin entscheiden möchte. Im Interesse der Wahrheit aber muß ich Sie benachrichtigen, was Ihnen vielleicht noch unbekannt war, daß Herr Daguerre, nach dem Wissen seiner Freunde, sich mit dieser Untersuchung seit mehr als 14 Jahren unausgesetzt beschäftigt hat; und ich kann bezeugen, daß er seit mehreren Jahren mit mir davon gesprochen. Er hat selbst eine Menge mehr oder weniger glückliche Resultate aufbewahrt und uns gezeigt, welche er durch verschiedene Verfahrungsarten erhalten hatte, bevor er zu derjenigen gelangte, bei welcher er stehen geblieben ist, und deren Erzeugnisse durch ihre Vollendung und Feinheit die Bewunderung aller unserer Künstler auf sich ziehen. Auch hat er die Güte gehabt, mir eine Menge für die Wissenschaft ausnehmend interessanter physikalischer Thatsachen mitzutheilen, zu deren Entdeckung ihn dies Verfahren geführt hat; und hat sich auf meine Bitte bereit gefunden, durch dasselbe Mittel mehrere Versuche im Felde einer meines Erachtens wichtigen theoretischen Forschung in's Werk zu setzen. Endlich hat er sein Geheimniß vollständig Herrn Arago mitgetheilt; dessen Geist, wie Sie so gut wissen als ich, zu edelmüthig und zu weit über Nationalvorurtheile erhaben ist, um sich durch solche einnehmen zu lassen. Ich beeile mich, mein Herr, Ihnen diese Erklärung zukommen zu lassen, um Sie in den Stand zu setzen, die darin enthaltenen Thatsachen selbst zu würdigen. Hierzu fühlte ich mich eben so sehr durch die Achtung verpflichtet,

welche mir Ihre früheren Arbeiten über die Optik eingeflößt haben, als durch das Zutrauen, welches Sie mir erwiesen haben.

„Ich habe die Ehre zu sein, u. s. w.

Paris, am 31. Januar 1839."

„Im Uebrigen, hat Herr Biot beigefügt, liegt noch ein anderer unwidersprechlicher Beweis der Veröffentlichung, welcher von 3 Jahren her datirt, vor. Das Journal des artistes, T. II. p. 203, welches schon von den Erfindungen und Untersuchungen des Herrn Daguerre spricht, enthält folgende, im September 1835 gedruckte, Stelle.

„Diese Entdeckungen haben ihn zu einer ähnlichen, wo möglich noch staunenswürdigeren Entdeckung geführt: er hat, sagt man, das Mittel gefunden, auf einer von ihm zubereiteten Platte das in der Camera obscura erzeugte Bild aufzufangen; so daß ein Portrait, eine Landschaft, eine beliebige Ansicht, durch die gewöhnliche Camera obscura auf dieser Platte entworfen, ihren Abdruck in Licht und Schatten darauf hinterlassen, und solchergestalt das vollkommenste Abbild davon geben. Die Behandlung dieses Bildes mit einem besondern Präparate macht dasselbe für unbeschränkte Zeit haltbar."

Was dieser Artikel im Jahre 1835 von der Daguerre'schen Entdeckung angekündigt hat, ist genau dasselbe, was zu Ende des Jahres 1838 den Augen von ganz Paris vorgelegen hat.

Uebrigens kann man im Folgenden die Beweise finden, daß, welche Fortschritte auch Herr Talbot seit 1839 in der Kunst der Photographie gemacht haben möge, derselbe doch zu dieser Zeit weit entfernt war, Herrn Daguerre erreicht zu haben.

Ich benutzte im Jahre 1839 die Anwesenheit mehrerer englischer Gelehrten in Paris, ihnen verschiedene Lichtbilder zu zeigen, welche Herr Daguerre nach seiner Verfahrungsweise erzeugt hatte.

Diese Gelehrten, unter welchen ich die Herren Herschel, Forbes, Robiſſon, General Brisbane, Watt, Murchiſon, Pentland nenne, haben erklärt, daß die Erzeugnisse der Daguerre'schen Entdeckung alle ihre Erwartungen übertrafen.

Herr Herschel namentlich, der sich jenseits des Kanals mit Erfolg der Vervollkommnung der von Herrn Talbot empfohlenen Ver-

fahrungsarten angenommen, sprach sich in Ausdrücken einer aufrichtigen Bewunderung über die Arbeiten unsers Landsmannes aus. So wie die Bilder des Herrn Daguerre auf die Staffelei gestellt wurden, brach der berühmte Astronom in die Worte aus: das ist ein Wunder.

Herr Cauchy, welcher Herrn Herschel bei seiner Durchreise durch Paris ebenfalls sah, hat den eben von mir mitgetheilten Details noch folgende hinzugefügt: „Herr Herschel hat erklärt, daß die in England gemachten Versuche Kinderspiele in Vergleich mit den Daguerre'schen Verfahrungsweisen seien. Herr Talbot selbst solle bald seiner Ansicht sein, denn er werde ihm schreiben, daß er kommen möge, diese Wunder zu sehen." Diese Stelle ist in das Compte rendu der Sitzung der Akademie der Wissenschaften vom 27. Mai 1839 aufgenommen.

Wer also ist der wahre Erfinder der Methoden, deren Erzeugnisse so viel Bewunderung erweckt haben? Die Frage, so weit sie sich auf die Herren Niepce und Daguerre bezieht, ist seit lange durch einen notariellen Act entschieden. Außerdem würde man nöthigenfalls die erforderlichen Unterlagen in der Correspondenz unserer beiden Landsleute finden.

Es handelt sich also blos um die Frage, mit der wir uns so eben beschäftigt haben, in so weit sie zwischen den Physikern Frankreichs und Englands streitig ist. In dieser Hinsicht folgt hier ein neues Zeugniß, welches uns von Kew-Green, bei London, zugekommen ist.

Herr Bauer, ein gelehrter Botaniker, hat dem Redacteur der Literary Gazette geschrieben, daß er im September 1827 die Bekanntschaft des Herrn Niepce machte. Im December desselben Jahres verfaßte Herr Niepce, infolge einer Aufforderung von Herrn Bauer, eine Abhandlung über die von ihm entdeckten Verfahrungsarten, die Bilder der Camera obscura zu fixiren und Kupferstiche mittelst der Sonnenstrahlen zu copiren. Diese Abhandlung ist von Herrn Bauer in Druck gegeben worden. Sie trägt das Datum des 8. December 1827. Sie ward der königlichen Societät in London in demselben Decembermonate vorgelegt und blieb mehrere Wochen in den Händen verschiedener Mitglieder des Comité dieser gelehrten Körperschaft. Die Abhandlung war mit mehreren sehr interessanten Proben der Erzeug-

niſſe der Niepce'ſchen Entdeckung (auf Metall) begleitet (several very interesting specimens of the products of his discovery). Jedoch ward ſie nicht in den Philosophical Transactions gedruckt, weil der Verfaſſer ſeine Verfahrungsweiſen nicht darin beſchrieben hatte.

Herr Bauer beſitzt noch mehrere Proben der neuen Kunſt, welche er im Jahre 1827 von Herrn Niepce empfing. Er iſt erbötig, ſolche Jedem zu zeigen, der ſie näher in Augenſchein zu nehmen wünſcht. Unſtreitig geht Herr Bauer zu weit, wenn er, ohne doch etwas von den Daguerre'ſchen Leiſtungen geſehen zu haben, hinzufügt: „Dieſe Proben ſind ganz ſo vollkommen, als jene Erzeugniſſe Herrn Daguerre's, welche in den franzöſiſchen Zeitungen im Jahre 1839 beſchrieben ſind.“ (Are quite as perfect as those productions of M. Daguerre, described in the french new-papers of 1839.)

Im Uebrigen geht aus dem ſo intereſſanten und loyalen Briefe Herrn Bayer's ein neuer unbeſtreitbarer Beweis dafür hervor, wie lange die Leiſtungen unſerer Landsleute denen der engliſchen Phyſiker vorangegangen ſind; denn nach der eigenen Erklärung Herrn Talbot's gehen ſeine erſten Verſuche nur bis 1835 zurück.

Hierbei nehme ich Anlaß, eine Folgerung abzuweiſen, welche man meines Erachtens ſehr mit Unrecht, aus einem Verſuche gezogen hat, von welchem in der philomatiſchen Geſellſchaft die Rede geweſen iſt. Ein Freund von Herrn Guérin-Varry hat, ſo verſichert man, das Mittel gefunden, alle Regenbogenfarben auf den Metallen zu fixiren. Hieraus hat man den übereilten Schluß gezogen, daß die den Stichen in Aquatinta ähnlichen Bilder, welche Herr Daguerre erhält, alsbald durch wahre Gemälde, worin die Farben der Bilder der Camera obscura erhalten ſind, verdrängt und überboten ſein werden. Sollte dieſer Schluß berechtigt ſein, ſo müßte man eine Subſtanz entdeckt haben, welche von den rothen Strahlen roth, von den gelben gelb, von den blauen blau gefärbt wird, u. ſ. f. Aber Nichts der Art iſt angekündigt worden. Man würde ſich irren, wenn man meinte, daß mit der Erfindung von Firniſſen, von Ueberzügen, deren einer von der Sonne roth, der andere gelb, ein dritter grün u. ſ. w. wird, der kleinſte Schritt zur Löſung des Problems geſchehen wäre, das man für

gelöst erklärt hat. Sofern es sich übrigens um die Fixation verschiedener Farben auf Metallen handelt, wird es nicht am unrechten Orte sein, an die bewundernswürdigen Irisfarben zu erinnern, welche Herr Nobili so schön zu erzeugen wußte, und womit er z. B. die Deckel mehrerer Tabaksdosen verziert hat.

Neuntes Kapitel.

Das Talbot'sche Verfahren.

Herr Talbot hat seine erste Arbeit der königlichen Societät in London am 30. Januar 1839 vorgelegt; und diese interessante Arbeit ist einige Zeit nachher vollständig im Athenäum veröffentlicht worden. Herr Talbot stellte die Bilder der Camera obscura auf Papier dar, welches mit einer besondern Substanz geschwängert worden; er gab noch nicht an, weder, worin diese Substanz bestand, noch durch welches Verfahren das Papier zubereitet war, noch mittelst welcher Methode man ihm nach geschehener erster Einwirkung des Lichtes seine Empfindlichkeit gegen dasselbe raubte. Nach der Abhandlung des berühmten englischen Physikers sollte man glauben, daß in seinen Bildern daß Weiß den lichten, das Schwarz den lichtlosen Stellen entsperche; aber das Gegentheil scheint aus einem Artikel der Literary Gazette vom 2. Februar hervorzugehen, worin über die Ausstellung verschiedener Bilder, welche in den Sälen der Royal Institution statt gehabt, berichtet wird. Auch über diesen Punkt bedarf es also erst noch weiterer Aufklärungen.

Nach derselben Abhandlung bedient sich Herr Talbot seiner Verfahrungsweisen, um genaue Copieen, Facsimiles von Zeichnungen, Kupferstichen und Manuscripten zu erlangen. Das Blatt, von welchem man einen Abdruck wünscht, wird, mit der Bildseite nach Unten, auf das präparirte Papier aufgepreßt. Das Sonnenlicht dringt allmälich hindurch, ausgenommen auf den schwarzen und undurchsichtigen Linien des Kupferstiches, der Zeichnung oder Schrift, und gibt demgemäß ein vollkommenes Abbild davon, worin aber das Schwarz dem

Weiß und umgekehrt entspricht. Dadurch, daß man die verkehrte Copie demselben Verfahren unterwirft, kommt Alles wieder in die natürliche Ordnung.

Auch bei dieser letzten Anwendungsweise der Lichtwirkung mußte es Herrn Talbot begegnen, daß ihm Herr Niepce zuvorgekommen ist. Personen, welche in Beziehung zu dem Optikus Herrn Charles Chevalier gestanden, können sich erinnern, bei ihm eine Christusfigur auf einer Metallplatte gesehen zu haben, welche von einem Stich auf Metall mittelst der Sonnenstrahlen übertragen worden war. Die betreffende Platte war Herrn Charles Chevalier im Jahre 1829 übergeben worden. Dieser junge Künstler hat, nachdem die Reclamation Herrn Talbot's bekannt geworden, diese Platte in meine Hände niedergelegt. Die Lichter und Schatten finden sich auf ihr im Sinne des Originals, d. i. ohne Verkehrung, wieder. Herr de Laguiche war im Besitz einer ähnlichen Platte, die er ebenfalls von Herrn Niepce erhalten.

Ich bekenne meine tiefe Achtung für Herrn Talbot, und habe die Ansprüche dieses geschickten Physikers mit denen des Herrn Daguerre nur mit dem festen Vorsatze, in den Gränzen der strengsten Gerechtigkeit zu bleiben, abgewogen. Niemand, und Niemand weniger als ich, hat die vollkommene Aufrichtigkeit Herrn Talbot's in Zweifel ziehen können; als aber dieser sinnreiche Forscher aus mangelhafter Kenntniß des Sachverhaltes die Priorität der Entdeckung förmlich reclamirte, würden wir, Herr Biot und ich, unsere Pflicht versäumt haben, hätten wir Details zurückhalten wollen, welche uns durch das Vertrauen Herrn Daguerre's zu Gebote standen, und welche mit vollkommener Evidenz in Widerspruch mit den Ansprüchen des englischen Physikers beweisen, daß die Priorität in jeder Beziehung unsern beiden Landsleuten angehört. Dazu waren die im Jahre 1839 von Herrn Talbot angewandten Verfahrungsweisen, so viel sich nach der Abhandlung vom 30. Januar beurtheilen läßt, nur dieselben, welche die Herren Niepce und Daguerre zu Anfange versucht haben, und welchen Herr Daguerre die weit vollkommenere Methode substituirt hat, deren Ergebnisse die Bewunderung des Publikums erweckt haben.

Die Photographie auf Papier hat seit 1839 viele Fortschritte gemacht; man weiß heutzutage, daß sie im Princip darauf zurück-

kommt, nach einander zwei Abdrücke von dem Bilde des darzustellenden Gegenstandes zu machen. Beim ersten, welcher der negative heißt, wirkt das Bild der Camera obscura auf ein Papier, welches durch Jodsilber und salpetersaures Silberoxyd empfindlich gemacht ist; man taucht den Abdruck in eine Auflösung von Gallussäure, und sieht alsdann die Lichter und Halbtinten in mehr oder weniger dunkles Schwarz übergehen, während die Schatten weiß bleiben. Man fixirt das Bild durch eine Waschung mit einer Auflösung von unterschwefligsaurem Natron, wie bei den Daguerre'schen Platten, und läßt das Papier trocknen. Bedeckt man ein, für die Wirkung des Lichtes empfindliches Papier mit dem negativen Abdrucke, und setzt beide Blätter zusammen in einem Rahmen der Wirkung des zerstreuten Sonnenlichtes aus, so erhält man ein positives Bild, indem das Licht durch die hellen Stellen des negativen Bildes durchwirkt, durch die schwarzen aber nicht zu wirken vermag. Man entwickelt dann das Bild und fixirt es wie oben angegeben. Begreiflich lassen sich mittelst eines einzigen negativen Abdruckes viele positive herstellen.

Zehntes Kapitel.

Von den Anwendungen der Photographie.

Beim Anblick der ersten von Herrn Daguerre ausgestellten Bilder mußte sich Jedem der Gedanke aufdrängen, welchen außerordentlichen Vortheil während der ägyptischen Expedition ein so genaues und schnelles Mittel der Wiedergabe gewährt haben würde; mußte Jedem beifallen, daß, wenn die Photographie schon im Jahre 1798 bekannt gewesen, wir heute im Besitz getreuer Bilder einer guten Anzahl emblematischer Darstellungen sein würden, die der gelehrten Welt durch die Habgier der Araber und den Vandalismus gewisser Reisenden verloren gegangen sind.

Um die Millionen und aber Millionen Hieroglyphen zu copiren, welche die großen Monumente von Theben, Memphis, Karnak u. s. w. sogar äußerlich bedecken, würde eine lange Reihe von Jahren und würden Legionen von Zeichnern erforderlich sein. Mittelst des Da-

guerreotyps vermöchte ein einziger Mensch diese unendliche Arbeit zu gutem Ende zu führen. Man versehe das ägyptische Institut mit zwei oder drei Daguerre'schen Apparaten; und man wird große Flächen wahrheitsgetreuer Hieroglyphen für die fingirten oder blos conventionellen Zeichen erhalten, die sich auf mehreren der großen Tafeln des berühmten Werkes finden, welches die Frucht unserer unsterblichen Expedition war. Die photographischen Abbilder werden an Treue, an Localfarbe alle Werke der geschicktesten Maler übertreffen, und außerdem, weil sie nach den Regeln der Geometrie erzeugt werden, mit Hülfe einer kleinen Anzahl von Datis gestatten, zu den genauen Dimensionen der höchsten, der unzugänglichsten Theile der Gebäude zu gelangen.

Diese Erinnerungen, in welchen die so eifrigen, so berühmten Gelehrten und Künstler, welche der Armee des Orients beigegeben waren, nur ganz mißverständlich den Schatten eines Tadels finden könnten, werden unstreitig den Gedanken auf die Arbeiten lenken, welche heutzutage in unserem eigenen Lande unter der Controle der Commission der historischen Monumente ausgeführt werden. Jedem wird sich sofort die höchst wichtige Rolle darbieten, welche die photographischen Methoden in diesem großen Nationalunternehmen zu spielen bestimmt sind; Jeder wird zugleich übersehen, daß die neuen Verfahrungsarten den Vortheil einer geringeren Kostspieligkeit haben, ein Vortheil, der, um es im Vorbeigehen zu sagen, im Felde der Kunst selten Hand in Hand mit der Vollkommenheit der Erzeugnisse geht.

Fragt man sich endlich, ob die Kunst, an und für sich betrachtet, von der Untersuchung und dem Studium jener Bilder, die ihren Ursprung dem feinsten Agens der Natur, den Lichtstrahlen, verdanken, irgend welche Förderung erwarten kann, so möge uns Herr Paul Delaroche die Antwort darauf geben.

In einem auf unsere Bitte abgefaßten Aufsatze erklärt dieser berühmte Maler, daß durch die Daguerre'schen Verfahrungsarten gewisse wesentliche Bedingungen der Kunst zu einer solchen Vollendung erhoben sind, daß selbst die geschicktesten Maler einen Gegenstand der Beobachtung und des Studiums darin finden müssen. Was bei den photographischen Bil rn besonders auffällt, ist, daß die feine Aus-

führung, „von einer jede Vorstellung übersteigenden Vollendung in keiner Weise den Totaleffect beeinträchtigt.“ „Die Correctheit der Linien, sagt Herr Delaroche anderwärts, die Präcision der Formen ist in den Daguerre'schen Bildern auf den höchsten Punkt getrieben, und zugleich findet man darin eine breite kräftige Modelirung (un modelé large, énergique) und ein Ensemble, eben so reich in Ton als Wirkung. . . . Der Maler wird in diesem Verfahren das Mittel zur schnellen Sammlung von Studien finden, die er sich sonst nur mit viel Aufwand von Zeit, Mühe, und viel weniger vollkommen verschaffen könnte, wie groß immer sein Talent sein möge.“ Nachdem Herr Delaroche die von Einigen gehegte Meinung, daß die Photographie unsern Künstlern und namentlich unsern geschickten Kupferstechern Eintrag thun könne, durch vortreffliche Gründe bekämpft hat, schließt er seinen Aufsatz durch folgende Erklärung: „kurz, die bewundernswürdige Entdeckung des Herrn Daguerre ist ein den Künsten geleisteter unschätzbarer Dienst.“ Wir wollen nicht den Fehler begehen, einem solchen Zeugniße noch etwas hinzuzufügen.

Elftes Kapitel.

Ueber die Fähigkeit der photographischen Kunst, eine verbreitete Anwendung zu finden.

Die Erfahrung hat bald gelehrt, daß die photographischen Methoden leicht und wohlfeil genug in ihrer Ausführung sind, um rasch in allgemeinen Gebrauch zu kommen. Zu der Zeit aber, wo ich auf die Erwerbung der Entdeckung der Herren Niepce und Daguerre seitens des Staats hinzuwirken suchte, um das Publikum in den Besitz derselben zu setzen, war die Frage noch nicht müßig.

Folgendes sind die Worte, die ich damals darüber äußerte:

„Ohne verrathen zu wollen, was bis zur Annahme und Erlassung des Gesetzes ein Geheimniß ist und bleiben muß, können wir doch so viel sagen, daß die Tafeln, auf welchen das Licht die bewundernswürdigen Daguerre'schen Bilder hervorbringt, plattirte, d. i. mit

einem dünnen Silberblatt überzogene Kupferplatten sind. Für die Bequemlichkeit der Reisenden so wie aus dem Gesichtspunkte der Ersparniß würde allerdings vorzuziehen gewesen sein, wenn man sich des Papiers bedienen könnte. In der That wandte Herr Daguerre zuerst Papier an, welches mit Chlorsilber oder salpetersaurem Silberoxyd geschwängert war; aber die geringe Empfindlichkeit desselben, das Verwaschene der damit erzeugten Bilder, die Unsicherheit der Erfolge, die Zufälligkeiten, welchen die zur Umwandlung des Hell in Dunkel und umgekehrt bestimmte Operation oft unterlag, konnten nicht verfehlen, einen so geschickten Künstler zu entmuthigen. Wäre er bei diesem ersten Wege stehen geblieben, so würden seine photographischen Bilder vielleicht eine Stelle in unsern Sammlungen als Erzeugnisse eines merkwürdigen physikalischen Versuches einnehmen; sicher aber würde sich die Kammer nicht damit zu beschäftigen haben. Wenn übrigens der Preis von drei bis vier Franken, welche jede der von Herrn Daguerre angewandten Platten kostet, hoch erscheint, so ist billig mit in Rücksicht zu ziehen, daß dieselbe Platte nach einander hundert verschiedene Bilder aufnehmen kann.

„Der unerhörte Erfolg der jetzigen Methode Herrn Daguerre's hängt zum Theil daran, daß er auf einer Substanzschicht von ausnehmender Dünne, auf einem wahren Häutchen operirt. Der Preis der dazu erforderlichen Ingredienzen kommt also nicht in Betracht. Er ist in der That zu geringfügig, um angebbar zu sein.

„Das Daguerreotyp erfordert keine einzige Manipulation, die nicht von Jedermann ausführbar wäre. Es verlangt keine Fertigkeit im Zeichnen, keine Handfertigkeit überhaupt. Wenn man Punkt für Punkt gewisse sehr einfache und nicht sehr zahlreiche Vorschriften befolgt, so muß Jeder gleich gelungene Erfolge damit erhalten, als Herr Daguerre selbst.

„Die Schnelligkeit der Methode ist vielleicht das, was das Publikum am meisten in Erstaunen gesetzt hat. In der That sind kaum zehn bis zwölf Minuten in trüben Winterzeiten erforderlich, die Ansicht eines Monuments, eines Stadttheils, einer Gegend aufzunehmen.

„Im Sommer bei schönem Sonnenschein kann diese Zeit auf die Hälfte verkürzt werden. In südlichen Klimaten werden unstreitig zwei bis drei Minuten hinreichen. Wichtig aber ist dabei zu bemerken, daß diese zehn bis zwölf Minuten im Winter, diese fünf bis sechs Minuten im Sommer, diese zwei bis drei Minuten in südlichen Gegenden blos die Zeit bezeichnen, während welcher die Platte das durch die Linse erzeugte Bild aufzunehmen hat. Hierzu muß man noch die Zeit des Auspackens und die Aufstellung der Camera obscura, die Zeit der Vorbereitung der Platte, und die Zeit der kleinen Operation rechnen, welche erforderlich ist, das einmal erzeugte Bild gegen die Einwirkung des Lichtes unempfänglich zu machen. Die Zeit zur Gesammtheit dieser Operationen wird sich auf eine halbe bis drei Viertel Stunden belaufen können Es war also nur eine Illusion, wenn jüngst Einige bei Antritt einer Reise erklärten, jeden Augenblick, wo die Diligence langsam fahre, benutzen zu wollen, um Ansichten des Landes aufzunehmen. Nicht minder hat man sich getäuscht, wenn man nach den merkwürdigen Erfolgen, die mit Uebertragung von Drucken, von Stichen aus den ältesten Werken erhalten worden sind, geträumt hat, daß sich die photographischen Bilder durch lithographische Uebertragung würden wiedergeben und vervielfältigen lassen. Nicht blos in der moralischen Welt gilt das Wort, daß man mit den guten Eigenschaften die daran hängenden Fehler in den Kauf zu nehmen hat, oft auch findet es in den Künsten seine Anwendung. Der vollkommenen Politur, der unberechenbaren Dünne der Schicht, auf welcher Herr Daguerre operirt, verdanken seine photographischen Bilder ihre feine Ausführung, ihr sammetartiges Aussehen, ihre harmonische Stimmung. Wollte man solche Bilder mit dem Ballen einreiben, der Wirkung der Presse oder Walze unterwerfen, so würde man sie unwiderbringlich zerstören. Ist es aber auch wohl Jemand eingefallen, ein Spitzenband stark zu zerren, oder die Flügel eines Schmetterlings zu bürsten?“

Das Erforderniß, die daguerreotypisch erzeugten Bilder vor jeder Berührung zu schützen, hatte mir ein ernsthaftes Hinderniß der Verbreitung der Methode geschienen. Auch drang ich während der Discussion der Kammern nachdrücklich darauf, zu versuchen, wiefern diese Bilder einen Firniß vertrügen. Da Herr Daguerre wenig ge-

neigt war, auf irgend etwas einzugehen, was den künſtleriſchen Vorzügen ſeiner Erzeugniſſe einen, wenn auch nur geringen, Nachtheil drohte, ſo wandte ich mich mit meiner Bitte an Herrn Dumas. Dieſer berühmte Chemiker hat gefunden, daß die daguerreotypiſchen Bilder ſich firnißen laſſen. Es genügt, auf die Metallplatte eine kochende Auflöſung von 1 Theil Dextrin in 5 Theilen Waſſer zu gießen. Sollte ſich ergeben, daß dieſer Firniß nicht in der Länge der Zeit auf die Queckſilberverbindungen wirkt, aus denen das Bild beſteht, ſo wird eine wichtige Aufgabe gelöſt ſein. In der That, da der Firniß verſchwindet, wenn man die Platte in kochendes Waſſer taucht, ſo wird man immer im Stande ſein, Alles nach Herrn Daguerre's Sinne wieder herzuſtellen; von der andern Seite aber auf einer Reiſe die Gefahr beſeitigen können, ſeine Sammlungen verdorben zu ſehen. Im Uebrigen hat Herr Dumas nicht gefunden, daß ſein Firniß der Harmonie der Bilder merklich Eintrag thue.

Zwölftes Kapitel.

Wiſſenſchaftlicher Nutzen der Daguerre'ſchen Erfindung.

Das Mitglied der Akademie, welches ſchon ſeit mehreren Monaten die Mittel kannte, mittelſt deren das ſchöne Reſultat, die Bilder der Camera obscura zu fixiren, erhalten worden iſt, glaubte damals von dem Geheimniß, welches er dem ehrenden Zutrauen Herrn Daguerre's verdankte, keinen Vortheil ziehen zu dürfen. Es ſchien ihm vielmehr eine ſchuldige Rückſicht, vor Eingehen auf die breite Bahn von Unterſuchungen, welche dem Phyſiker durch die photographiſchen Methoden eröffnet iſt, zu warten, bis eine Nationalbelohnung dieſelben Mittel der Forſchung allen Beobachtern zur Verfügung geſtellt hätte. Er konnte bezüglich des wiſſenſchaftlichen Nutzens der Erfindung unſers Landsmannes im Jahre 1839 mehr als Vermuthungen ausſprechen. Uebrigens ſind die Thatſachen klar und handgreiflich; und es ließ ſich kaum beſorgen, daß die Zukunft ihn Lügen ſtrafen würde. Man möge ſelbſt darüber urtheilen, denn wir geben hier wört-

lich die Bemerkungen wieder, die wir in unſerm Berichte an die Deputirtenkammer ausgeſprochen.

„Die Subſtanz, mit welcher Herr Daguerre operirt, iſt ein viel empfindlicheres Reagens auf die Wirkung des Lichtes, als alle, deren man ſich bisher bedient hatte. Niemals hatten die Strahlen des Mondes, von ihrem natürlichen Zuſtande nicht zu reden, ſelbſt wenn ſie im Focus der größten Linſe, des größten Brennſpiegels verdichtet wurden, eine bemerkbare phyſiſche Wirkung zu äußern vermocht. Die von Herrn Daguerre präparirten Platten hingegen werden durch die Wirkung dieſer Strahlen unter Zuziehung der nachfolgenden Operationen ſo ſtark weiß, daß man hoffen darf, es werden ſich photographiſche Karten unſeres Trabanten fertigen laſſen. Das will ſagen, man wird binnen einigen Minuten eine der langwierigſten, minutiöſeſten, feinſten Arbeiten der Aſtronomie auszuführen im Stande ſein.

„Ein wichtiger Zweig der Wiſſenſchaften, welche auf Beobachtung und Rechnung fußen, der, welcher von der Intenſität des Lichtes handelt, die Photometrie, hat bis jetzt wenig Fortſchritte gemacht. Dem Phyſiker gelingt es ziemlich gut, die verhältnißmäßigen Intenſitäten zweier einander naher und zugleich wahrgenommener Lichter zu beſtimmen, aber man hat nur unvollkommene Mittel, einen ſolchen Vergleich anzuſtellen, wenn die Bedingung der Gleichzeitigkeit nicht erfüllt iſt; wenn man ein gegenwärtig ſichtbares Licht mit einem andern zu vergleichen hat, welches erſt ſichtbar wird, nachdem das erſte verſchwunden iſt.

„Die künſtlichen zur Vergleichung dienenden Lichter, wozu der Beobachter in ſolchen Fällen ſeine Zuflucht zu nehmen genöthigt iſt, haben ſelten die erforderliche Dauer und Unveränderlichkeit; ſelten auch, und namentlich wenn es ſich um den Vergleich der Geſtirne handelt, die erforderliche Weiße. Daher finden ſich ſehr ſtarke Abweichungen zwiſchen den vergleichenden Intenſitätsbeſtimmungen von Sonne und Mond, von Sonne und Sternen, welche von verſchiedenen gleich geſchickten Beobachtern herrühren; weshalb auch die aus dieſen letztern Vergleichsbeſtimmungen zu ziehenden Folgerungen bezüglich der beſcheidenen Stelle, welche unſere Sonne unter den Milliarden von Sonnen, mit denen das Firmament beſäet iſt, einzunehmen hat,

ſelbſt in den Werken der mindeſt ängſtlichen Autoren noch mit einem gewiſſen Rückhalt vorgetragen werden.

„Stehen wir nicht an, es zu ſagen: die von Herrn Daguerre entdeckten Reagentien werden die Fortſchritte einer der Wiſſenſchaften beſchleunigen, welche dem menſchlichen Geiſt am meiſten Ehre machen. Mit ihrer Hülfe wird der Phyſiker künftig auf abſolute Intenſitätsbeſtimmungen eingehen können: er wird die Lichter nach ihren Wirkungen vergleichen. Findet er es ſeinem Zwecke gemäß, ſo wird dieſelbe Tafel ihm die Wirkung der blendenden Sonnenſtrahlen, der 300000 mal ſchwächern Mondſtrahlen, der Strahlen der Sterne vorführen. Er wird dieſe Wirkung dadurch auf Gleichheit zurückführen, daß er entweder die ſtärkſten Lichter abſchwächt, wozu durch die neueren Entdeckungen vortreffliche Hülfsmittel gegeben ſind, deren Anführung jedoch hier nicht am Orte ſein würde, oder daß er die hellſten Strahlen beiſpielsweiſe nur 1 Secunde lang wirken, und die Wirkung der andern nöthigenfalls bis zu einer halben Stunde fortgehen läßt. Uebrigens gilt im Allgemeinen, daß, wenn Beobachter ein neues Inſtrument zum Studium der Natur in Anwendung ſetzen, die Hoffnungen, die ſie daran knüpfen, immer weit durch die Reihe von Entdeckungen übertroffen werden, zu welchen das Inſtrument führt. In dieſem Felde iſt es hauptſächlich das, was man nicht vorherſehen konnte, worauf man zu rechnen hat.*) Sollte

*) Folgendes iſt eine Anwendung, der das Daguerreotyp fähig ſein wird, und welche mir viel Intereſſe darzubieten ſcheint.

Die Beobachtung hat gezeigt, daß das Sonnenſpectrum kein Continuum iſt, ſondern daß transverſale Unterbrechungen, ganz ſchwarze Linien, darin vorkommen. Finden eben ſolche Unterbrechungen der Continuität in den dunkeln Strahlen ſtatt, welche die photographiſchen Wirkungen zu erzeugen ſcheinen? Und wenn es deren gibt, entſprechen ſie den ſchwarzen Linien des Spectrums?

Da mehrere der ſchwarzen Querlinien des Spectrums ſchon mit bloßen Augen oder ohne vergrößernde Darſtellung auf der Netzhaut ſichtbar ſind, ſo wird die hier geſtellte Aufgabe leicht zu löſen ſein. Man wird eine Art künſtlicher Augen herſtellen, indem man eine Linſe zwiſchen das Prisma und den Schirm, auf welchen das Spectrum fällt, bringt, und wird dann, nöthigenfalls mit Hülfe einer Loupe, unterſuchen, welche Stelle die ſchwarzen Linien des photographiſchen Bildes in Bezug zu denen des Lichtſpectrums einnehmen.

dieſer Gedanke paradox erſcheinen? Ich führe Einiges an, was ihn rechtfertigen wird.

„Kinder bringen zufällig zwei linſenförmige Gläſer mit verſchiedenen Brennweiten an den beiden Enden eines Rohres an. Sie ſtellen damit ein Inſtrument her, welches die fernen Gegenſtände vergrößert, welches ſie ſo darſtellt, als wenn ſie ſich in der Nähe befänden. Die Beobachter bemächtigten ſich deſſelben blos mit der beſcheidenen Hoffnung, Geſtirne, die ſeit den älteſten Zeiten bekannt waren, aber bis dahin nur unvollkommen beobachtet werden konnten, etwas beſſer ſehen zu können. Kaum aber iſt es nach dem Himmel gerichtet, ſo entdeckt man Myriaden neuer Welten damit, ſo bringt man damit in die phyſiſche Conſtitution der ſechs Planeten der Alten ein, und findet, daß ſie gleich der Erde Berge haben, deren Höhen man mißt, ſowie Atmoſphären, deren Stürmen man folgt; daß Bildung und Schmelzung von Polareis eintritt wie ſolches an den Erdpolen vorkommt; daß endlich Rotationsphänomene ſich zeigen, gleich denen, welche hier unten den Wechſel von Tag und Nacht bedingen. Auf den Saturn gerichtet macht das Rohr der Kinder des Brillenmachers von Middelburg eine Erſcheinung ſichtbar, deren Fremdartigkeit Alles übertrifft, was die heißeſte Einbildungskraft ſich träumen laſſen konnte. Wir meinen jenen Ring, oder, wenn man lieber will, dieſe Brücke ohne Pfeiler von 71000 Lieues Durchmeſſer, 12000 Lieues Breite, welche die Kugel des Planeten von allen Seiten umgibt, ohne ihm irgendwo näher als 9000 Lieues zu kommen. Hat irgend Jemand vorausgeſehen, daß das Fernrohr in ſeiner Anwendung zur Beobachtung der vier Jupitersmonde finden laſſen würde, daß ſich die Lichtſtrahlen mit einer Geſchwindigkeit von 77000 Lieues in der Secunde bewegen; daß es, in ſeiner Verbindung mit graduirten Inſtrumenten den Nachweis liefern würde, daß es keine Sterne gibt, deren Licht unter drei Jahren zu uns gelangt; daß man endlich auf Grund gewiſſer Beobachtungen, gewiſſer Analogieen durch ſeine Hülfe mit einer an Gewißheit gränzenden Wahrſcheinlichkeit würde ſchließen können, daß der Lichtſtrahl, mittelſt deſſen wir in einem gegebenen Augenblicke gewiſſe Nebelflecke erblicken, vor mehreren Millionen Jahren davon ausgegangen ſei; mit andern Worten, daß dieſe Nebelflecken wegen

der Zeit, welche das Licht zu seiner Fortpflanzung braucht, auf der Erde noch mehrere Millionen Jahre nach ihrem vollkommenen Verschwinden sichtbar sein würden?

„Das zur Beobachtung in der Nähe bestimmte Mikroskop würde zu ähnlichen Bemerkungen Anlaß geben; denn die Natur ist nicht minder bewundernswürdig, nicht minder mannigfaltig im Kleinsten als im Größten. Zuerst zur Beobachtung einiger Insekten gebraucht, welche die Naturforscher blos in vergrößerter Gestalt zu sehen wünschten, um sie besser in Kupferstich darstellen zu können, hat das Mikroskop nachmals und ohne daß eine Vermuthung zuvor dafür bestand, in der Luft, im Wasser, in allen Flüssigkeiten jene Thierchen, die Infusorien, diese sonderbaren Erzeugnisse erkennen lassen, in denen man hoffen darf, dereinst die ersten Keime einer rationellen Erklärung der Lebenserscheinungen zu finden. Noch jüngst auf winzige Stückchen verschiedener Steinarten gerichtet, welche zu den härtesten, compaktesten gehören, aus denen unsere Erdrinde besteht, hat das Mikroskop den erstaunten Augen des Beobachters die Entdeckung dargeboten, daß diese Steine gelebt haben, daß sie aus einem Teige gebildet sind, der Millionen von Milliarden unter einander verklebter Thierchen enthält.

„Man wird sich erinnern, daß diese Abschweifung bestimmt war, diejenigen zu enttäuschen, die unrichtigerweise die wissenschaftlichen Anwendungen der Daguerre'schen Verfahrungsarten auf den jetzt zu übersehenden Rahmen, dessen Umkreis wir gezogen haben, beschränken möchten. Wohlan, die Thatsachen rechtfertigen schon unsere Hoffnungen. So könnten wir darauf hinweisen, wie man schon daran gedacht hat, welche Hülfsmittel einer schnellen Orientirung der Topograph der Photometrie wird entlehnen können; aber wir wollen directer auf unser Ziel losgehen, indem wir hier eine sonderbare Beobachtung anführen, von welcher Herr Daguerre uns gestern unterhielt: nach ihm sind die Stunden des Morgens und des Abends, welche gleich weit vom Mittage entfernt sind, und daher gleichen Höhen der Sonne über dem Horizonte entsprechen, doch nicht gleich günstig für die Erzeugung photographischer Bilder. So kommt das Bild in allen Jahreszeiten und unter scheinbar ganz gleichen atmosphärischen Verhält-

niſſen etwas ſchneller z. B. um 7 Uhr Morgens als um 5 Uhr Nachmittags, um 9 Uhr als um 3 Uhr zu Stande. Nehmen wir dies Reſultat als conſtatirt an, ſo wird der Meteorolog ein Element mehr in ſeinen Tabellen zu verzeichnen haben, und zu den ſeit lange üblichen Beobachtungen des Thermometer-, Barometer-, Hygrometerſtandes und der Durchſichtigkeit der Luft noch die eines Elementes fügen müſſen, welches die vorgenannten Inſtrumente nicht anzeigen; er wird eine eigenthümliche Abſorption mit in Rechnung nehmen müſſen, welche nicht ermangeln kann einen Miteinfluß auf viele andere Erſcheinungen zu äußern, ſelbſt ſolche, die in das Gebiet der Phyſiologie und Medicin gehören*)."

*) Die Bemerkung Herrn Daguerre's über die conſtante Verſchiedenheit zwiſchen den relativen Wirkungen des Sonnenlichtes zu Tagesſtunden, wo das Geſtirn gleich hoch über dem Horizonte ſteht, ſcheint, wie man zugeſtehen muß, Schwierigkeiten mehr als einer Art bei den photometriſchen Unterſuchungen, zu welchen man das Daguerreotyp zu benutzen wünſcht, mitführen zu müſſen.

Als die Daguerre'ſchen Verfahrungsarten zuerſt bekannt wurden, hat man ſich im Allgemeinen wenig geneigt gefunden, anzunehmen, daß ſich auch Portraits damit würden zu Stande bringen laſſen. In der That enthält die Aufgabe zwei ſcheinbar unvereinbare Bedingungen. Sollte das Bild hinreichend ſchnell entſtehen, d. h. binnen drei bis fünf Minuten, während welcher von einer lebenden Perſon eine unbewegliche Haltung erwartet und gefordert werden kann, ſo mußte dieſelbe in voller Sonne ſitzen; in voller Sonne aber wird ſelbſt die unempfindlichſte Perſon durch das helle Licht zu einem beſtändigen Blinzeln mit den Augen genöthigt; ſie verzieht die Mienen, und der ganze Geſichtsausdruck wird verändert.

Herr Daguerre hat gefunden, daß die durch gewiſſe blaue Gläſer hindurchgehenden Strahlen faſt die volle Wirkung des farbloſen Sonnenlichts auf den Jodſilberüberzug ſeiner Platten äußern. Dadurch nun, daß ein ſolches Glas zwiſchen die Perſon, welche ſitzt, und die Sonne eingebracht würde, ließe ſich ein Lichtbild faſt ebenſo ſchnell als ohne das Glas erhalten, und dabei wäre das Licht doch ſanft genug, daß keine Verzerrung der Züge oder zu häufiges Blinzeln mit den Augen einträte.

Im Uebrigen dauerte es nicht lange, ſo entdeckte man Subſtanzen, welche noch empfindlicher für das Licht ſind, als das bloße Jodſilber. Nachdem man eine mit Silber plattirte Platte jodirt hat, unterwirft man ſie einige Augenblicke der Wirkung des Chlors und des Brombampfes; dann bedarf es keiner Minute, nur etwa 30 bis 40 Secunden, um den Eindruck des Bildes der Camera obscura auf der empfindlichen Schicht zu erhalten.

Dreizehntes Kapitel.

Ueber die Darſtellung der Farben.

Man hat ſich gefragt, ob, nachdem mittelſt des Daguerreotyps die wunderbarſte Abſtufung von Schatten und Licht wiedergegeben worden iſt, es nicht auch möglich ſein würde, Farben dadurch zu erhalten, und hiermit Gemälde an die Stelle der Bilder in Aquatinta, die man gegenwärtig damit erzeugt, zu ſetzen.

Dieſe Aufgabe wird an dem Tage gelöſt ſein, wo man entdeckt haben wird, daß eine und dieſelbe Subſtanz von den rothen Strahlen roth, von den gelben gelb, von den blauen blau u. ſ. f. gefärbt zu werden vermag. Herr Niepce bezeichnete ſchon derartige Wirkungen, wobei meiner Anſicht nach das Phänomen der Farbenringe eine Rolle ſpielte. Vielleicht gilt dies auch von dem Roth und Violett, welches Seebeck gleichzeitig auf Chlorſilber an den beiden entgegengeſetzten Enden des Spectrums erhielt. Herr Quetelet hat mir einen Brief mitgetheilt, in welchem Sir John Herſchel ankündigt, daß ſein empfindliches Papier, nachdem es einem ſehr hellen Sonnenſpectrum ausgeſetzt worden, alle prismatiſchen Farben mit Ausnahme des Roth zeigte. Endlich iſt Herr Edmund Becquerel dahin gelangt, die Daguerre'ſchen Platten ſo zuzubereiten, daß Bilder, deren Farben an die der Gegenſtände erinnern, darauf entſtehen, aber ohne verhindern zu können, daß dieſe Bilder unter dem Einfluſſe des zerſtreuten Tageslichtes ausbleichen oder erlöſchen.

Dieſen Thatſachen gegenüber würde es unſtreitig gewagt ſein, die Möglichkeit ſchlechthin in Abrede zu ſtellen, daß die natürlichen Farben der Gegenſtände ſich jemals photographiſch werden wiedergeben laſſen.

Da Hr. Daguerre bei ſeinen erſten Verſuchen über Phosphorescenz ein Pulver entdeckt hatte, welches nach Beſtrahlung mit rothem Lichte roth leuchtete, ein anderes, welchem blaues Licht eine blaue, ein drittes, welchem grünes eine grüne Phosphorescenz ertheilte, ſo mengte er dieſe Pulver mechaniſch, und erhielt ſo eine einzige Miſchung, welche in rothem Lichte roth, in grünem grün, in blauem blau wurde.

Vielleicht wird man nach einem ähnlichen Verfahren durch Mengung verſchiedener Harze zu einem Firniß gelangen, welchem jede Art Licht ſeine Farbe nicht mehr im Wege der Phosphorescenz, ſondern infolge photographiſcher Wirkung einzuprägen vermag.

Vierzehntes Kapitel.

Von der photographiſchen Gravirkunſt.

Kurze Zeit nach der Veröffentlichung der Daguerre'ſchen Verfahrungsarten dachten mehrere Perſonen daran, die Lichtbilder zu graviren und durch Abdrücke zu vervielfältigen. Ich hatte damals darauf hinzuweiſen, daß ſchon Herr Niepce, der Vater, die Lichtbilder mittelſt eines Aetzverfahrens in Platten, geeignet Abdrücke zu geben, verwandelt hatte. Was Herrn Daguerre anlangt, ſo hatte er, wenn ſchon ſeit lange mit Verſuchen über die Wirkung verſchiedener Säuren in flüſſigem und gasförmigem Zuſtande beſchäftigt, doch Nichts davon bekannt gemacht, weil die Reſultate ihm fruchtlos zu ſein und bleiben zu müſſen ſchienen.

Folgendes ſind die Erklärungen, welche mir Herr Daguerre in dieſer Beziehung hat zukommen laſſen, und welche ich der Akademie der Wiſſenſchaften am 30. Sept. 1839 mitgetheilt habe:

„Wie man weiß, wird nach dem Verfahren von Herrn Niepce Vater, mit welchem ich mich aſſociirt hatte, ein Firniß von Asphalt auf eine Metallplatte aufgetragen, und durch ein von ihm angegebenes Löſungsmittel das Metall an den vom Lichte nicht getroffenen Stellen ganz frei gelegt. Da Hr. Niepce ſich ſeines Verfahrens hauptſächlich zur Copirung von Kupferſtichen bediente, welche mit der empfindlichen Schicht in Berührung geſetzt wurden, ſo kann es nicht befremden, daß er daran dachte, ſeine Platte mittelſt einer Säure zu ätzen; denn darin, daß ſie ſich an den braunen Stellen entblößt und an den lichten bedeckt fand, bot ſie ganz entſprechende Bedingungen dar, als der Stich fordert. Andererſeits war die Zeichnung auch zum Graviren geeignet, weil ſie aus dem Abdrucke eines Kupferſtichs hervorgegangen war. Inzwiſchen, da es nicht möglich war, zu wiederholten Malen zu ätzen,

ohne die Kunſt des Graveurs zu Hülfe zu nehmen, und mithin alle Einſchnitte dieſelbe Tiefe hatten, ſo war der Erfolg nur ſehr mangelhaft, wie Sie nach der Platte urtheilen können, die ich Ihnen vorlege, und dem Abzuge, der davon gemacht iſt. (Dieſer Abzug war mir von Herrn Niepce vor unſerer Aſſociation gegeben worden.) Begreiflich konnte dieſe Anwendung des Niepce'ſchen Verfahrens zum Stich keinen Platz bei den in der Camera obscura erhaltenen Bildern finden, weil bei letzteren der Firniß nur in den ſehr kräftigen Stellen ganz entfernt iſt, und die Halbtinten nur durch eine größere oder geringere Dicke des Firniſſes entſtehen; wonach es unmöglich iſt, daß die Säure in gleichem Verhältniß darauf wirkt, wie ich dies ſchon in einer dem Niepce'ſchen Verfahren beigefügten Anmerkung geſagt habe. Dieſer Nachtheil iſt durch die von mir an dem Niepce'ſchen Verfahren angebrachten Abänderungen verſchwunden; ich habe nämlich das Asphalt durch den Rückſtand des ätheriſchen Lavendelöls erſetzt, und dieſer Rückſtand, in Alkohol aufgelöſt und auf einer Metall- oder Glasplatte verbreitet, erzeugt keine zuſammenhängende Schicht, ſondern bietet auf der ganzen Oberfläche eine Reihe Harzkügelchen dar, welche das Metall zwiſchen ſich frei laſſen. Hiernach läßt ſich die Platte mittelſt einer Säure ätzen, und dies habe ich an einem in der Camera obscura erhaltenen Bilde auf Glas mittelſt Flußſäure ausgeführt, und um den Erfolg davon ſichtbar zu machen, die von der Säure angegriffenen Theile des Glaſes mit Schwarz verſehen.

„Aber dies Bild war ſehr mangelhaft, denn da die Säure überall gleichmäßig eingewirkt hatte, ſo fehlte es an der erforderlichen Abſtufung der Tinten, ein Nachtheil, der unvermeidlich iſt, ſofern man mittelſt einer einmaligen Aetzung eine Platte behandelt, deren Ausführung nicht darauf berechnet iſt. Dieſe Details reichen ſchon hin, zu zeigen, daß ich mich mit dem Graviren der Bilder beſchäftigt habe, und wenn ich in der Beſchreibung der am Niepce'ſchen Verfahren von mir angebrachten Abänderungen nicht davon geſprochen, ſo war der Grund der, daß ich die Erfolge für zu unvollkommen hielt.

„Durch die Correſpondenz des Herrn Niepce iſt hinreichend erwieſen, daß ich im Maimonat 1831 die Einwirkungsweiſe des Lichts auf das jodirte Silber entdeckt habe. Zur Entdeckung der Anwen-

dung des Queckſilbers gelangte ich erſt im Jahre 1835. Wie leicht zu erachten, mußte ich in dieſer Zwiſchenzeit von vier Jahren zwiſchen beiden Entdeckungen eine große Menge Verſuche anſtellen, und da ich immer Metallplatten zu dieſen Verſuchen anwandte, mußte mir oft der Gedanke kommen, das Bild mittelſt Gravirens zu fixiren.

„Zu dieſer Zeit wußte ich noch nicht, daß das Bild auf dem Jod exiſtirt, bevor es ſichtbar iſt, und erwartete, daß es durch die Färbung des Jods zum Vorſchein kommen würde. Dieſes Bild war vergänglich, weil die Färbung ins Unbeſtimmte vorſchritt; außerdem waren Licht und Schatten darin vertauſcht. Doch wirkten bei dieſem Zuſtande die Säuren verſchieden auf die vom Lichte ungefärbt gelaſſenen und die dadurch gefärbten Theile, und ich erhielt durch ihre Anwendung eine ausnehmend ſchwach gravirte Platte.

„Ein Verſuch, den ich mit einer aus der Camera obscura hervorgegangenen Platte, auf welcher das Bild vermöge Färbung des Jods durch das Licht ſichtbar geworden, angeſtellt, hatte mir gezeigt, daß die Kohlenſäure in Berührung mit der ſchwach befeuchteten Platte eine ſehr weiße Verbindung mit den vom Lichte getroffenen Theilchen des Jod erzeugte, und hierdurch Licht und Schatten in ihr natürliches Verhältniß zurückverſetzte; aber die Abſtufung der Tinten war unvollkommen. Dieſer Verſuch hat mir mehrere Male daſſelbe Reſultat gegeben.

„Ich hatte bemerkt, daß wenn man chlorſaures Kali in eine Schaale thut und mittelſt einer Lampe in einem Apparate erhitzt, welcher ungefähr wie der heutzutage für das Queckſilber gebrauchte beſchaffen iſt, das, wie oben erwähnt, durch Färbung des Jods mittelſt des Lichts erzeugte Bild hervortrat, gerade ſo, wie es gegenwärtig durch Hülfe des Queckſilberdampfes erfolgt.

„Nachdem ich zur Kenntniß der Wirkung des Queckſilbers gelangt war, war damit doch noch keineswegs die Vollkommenheit des Bildes erreicht, welche es gegenwärtig zeigt. Mit Unmuth bemerkte ich die leichte Verwiſchbarkeit deſſelben, daher rührend, daß das Queckſilber ſich leicht wegreiben ließ, und wollte verſuchen, ihm mehr Haltbarkeit zu geben. Zur Erreichung dieſes Zweckes fing ich eine Reihe von Verſuchen mit Säuren an. Ich wußte, daß es ſchwer ſei, eine

Säure zu finden, welche auf das Queckſilber wirkt, ohne das Silber anzugreifen. Es kam mir aber der Gedanke, daß in der Zeit, welche die Säure braucht, um ihre Wirkung auf das Silber an den Stellen, wo es blos liegt, zu äußern, das Queckſilber daſſelbe an den von ihm bedeckten Stellen ſchützen werde, bis es ſelbſt der Wirkung der Säure weicht. In der That habe ich ſolchergeſtalt mancherlei Erfolge mit verſchiedenen Säuren erhalten, u. a. mit einem Gemiſch von verdünnter Chlorwaſſerſtoffſäure und verdünnter Salpeterſäure, ſo wie mit mehreren ſauren Dämpfen. Aber dieſe Erfolge blieben mangelhaft und zwar immer aus demſelben Grunde, den ich oben angegeben, daß man nicht zu wiederholten Malen ätzen kann, ohne die Kunſt des Graveurs zuzuziehen. Außerdem entging mir nicht, daß das Silber zu weich iſt, um die Erlangung auch nur einer ſehr geringen Anzahl Abdrücke davon hoffen zu können.

„Ich muß hierbei bemerken, daß der Zweck, den ich bei dieſen Verſuchen im Auge hatte, nicht ſowohl der war, die Möglichkeit von Abdrücken zu erzielen, als durch Ausfüllung der von der Säure angegriffenen Stellen mit Schwarz den Bildern Kraft zu geben.

„Gegenwärtig, wo das Verfahren zu einer größeren Vollkommenheit gediehen iſt und eine Feinheit in Details gewährt, welche die Unterſuchung mit der Loupe verträgt, bin ich mehr als je von der Unmöglichkeit überzeugt, durch Anwendung des Gravirens auf die Platte ſelbſt zu Abzügen zu gelangen, welche nur entfernt der Vollkommenheit eines Bildes nahe kommen, wie es durch das jetzige Verfahren bei vollſter Wirkung erlangt werden kann; denn in einem Bilde, welches unter Umſtänden erhalten iſt, wo die Luftperſpective in ihrer ganzen Abſtufung von Schattirungen wiedergegeben iſt, ſind die kräftigſten Stellen von Queckſilber nothwendig ganz entblößt, was es unmöglich macht, ſie mittelſt Aetzens wiederzugeben, indem die Aetzung gleichmäßig auf dieſe Stellen einwirkt und breite Vertiefungen hervorbringt, welche nicht im Stande ſind, die Schwärze zu halten. Beim Stich vermeidet man dieſen Uebelſtand dadurch, daß man nur hinreichend ſchmale Vertiefungen erzeugt, um die Schwärze halten zu können. Um dieſe offen daliegende Schwierigkeit zu überwinden, müßte man die zu gravirende Platte dem Queckſilber lange Zeit ausſetzen, ſo

daß es sich allenthalben, selbst an den kräftigsten Stellen des Bildes ansetzte; so würde man eine Art Korn über der ganzen Oberfläche der Platte erhalten; aber auch hiermit würden noch nicht die erforderlichen Bedingungen erfüllt sein; denn Luftperspective und Feinheit der Details würden in den Abdrücken verloren gehen.

„Ich schließe mit der Erklärung, daß ich es für unmöglich halte, durch das Graviren der Platte selbst zu einem Resultate zu gelangen, welches dem gleicht, das sich durch Ausführung des Verfahrens nach allen Regeln erlangen läßt; aber ich meine nicht, daß dasselbe von einer Uebertragung des Queckſilbers auf einen andern Körper gilt, welche wohl zum Zweck führen könnte. Was sich als eine Vervollkommnung ansehen ließe, wäre, wenn es gelänge, das Silber in den kräftigen Stellen zu schwärzen, ohne das Queckſilber anzugreifen; hierdurch würde man das Spiegeln der Platte beseitigen. Eine andere nicht minder wichtige Verbesserung wird man erzielt haben, wenn man zu verhindern vermag, daß das Queckſilber, welches sich an die Stellen des Bildes anhängt, die dem Lichte zu lange ausgesetzt worden sind, seinen Glanz verliere; und ich werde mit größtem Vergnügen die Untersuchungen sich nach dieser Seite richten sehen. Was die Erhaltung der Bilder anlangt, so liegt darin keine Schwierigkeit, sofern man sie immer unter Glas bringen und mit geleimtem Papier einfassen kann, um sie vor der Wirkung der Dämpfe zu schützen, welche allein, namentlich auf das Silber, nachtheilig einwirken können.“

Die Platte und der davon erhaltene Abdruck, wovon in dem Briefe des Herrn Daguerre die Rede war, sind der Akademie vorgelegt worden. Auch hat man die beiden Originalbriefe von Herrn Niepce Vater an Herrn Daguerre, datirt vom Februar und Juni 1827, bezüglich auf das Graviren photogenirter Platten circuliren lassen. Wir geben sie hier wieder:

„Chalon sur Saone, Febr. 1827.

„Mein Herr!

„Ich habe gestern Ihre Antwort auf meinen Brief vom 25. Januar 1826 erhalten. Seit vier Monaten arbeite ich nicht mehr; die schlechte Jahreszeit läßt es durchaus nicht zu. Ich habe meine Verfahrungsweise, auf Metall zu graviren, erheblich vervollkommt; da

ich aber noch keine hinreichend correcten Abdrücke dadurch zu erhalten vermochte, ſo kann ich dem von Ihnen geäußerten Wunſche nicht entſprechen. Unſtreitig habe ich dies mehr in meinem als Ihrem Intereſſe zu bedauern, mein Herr, da Sie auf einem ganz verſchiedenen Wege vorgehen, der Ihnen Reſultate von einer Vorzüglichkeit verſpricht, wie ſie durch das Graviren nicht zu erlangen ſein würden; was mich nicht hindert, Ihnen allen Erfolg zu wünſchen, den Sie erſtreben mögen.

„Ich habe die Ehre u. ſ. w.

„Chalon ſur Saone, den 4. Juni 1827.

„Mein Herr!

„Sie werden faſt gleichzeitig mit meinem Briefe eine Kiſte erhalten, worin eine nach meinen heliographiſchen Verfahrungsarten gravirte Zinnplatte befindlich iſt, nebſt einem Abdruck von der nämlichen Platte, welcher ſehr mangelhaft und viel zu ſchwach iſt. Sie werden hiernach beurtheilen können, daß ich Ihrer ganzen Nachſicht bedarf, und daß, wenn ich mich doch endlich entſchloſſen habe, Ihnen dieſe Sendung zukommen zu laſſen, es aus keinem andern Grunde iſt, als um dem von Ihnen geäußerten Wunſche zu entſprechen. Bei alledem glaube ich, daß dieſe Anwendungsweiſe des Verfahrens nicht zu verachten iſt, da ich bei gänzlicher Unbekanntſchaft mit der Kunſt des Zeichnens und Gravirens ein derartiges Reſultat zu erzielen vermochte. Ich bitte Sie, mein Herr, mir zu ſagen, was Sie davon halten. Das Reſultat iſt nicht einmal von neuem Datum, ſondern in letztem Frühjahre erhalten worden; ſeitdem bin ich durch andere Beſchäftigungen von meinen Unterſuchungen abgezogen worden. Gegenwärtig, wo das Gefilde in ſeinem vollſten Schmucke ſtrahlt, will ich ſie wieder aufnehmen, und mich ausſchließlich mit der Copirung von Anſichten nach der Natur beſchäftigen. Hier liegt unſtreitig das größte Intereſſe, was dieſer Gegenſtand gewähren kann; dabei aber verheimliche ich mir die Schwierigkeiten nicht, die er bezüglich der Anwendung des Gravirens darbietet. Das Unternehmen geht alſo weit über meine Kräfte hinaus; auch beſchränkt ſich mein ganzer Ehrgeiz darauf, durch mehr oder minder befriedigende Reſultate die Möglichkeit eines vollkommenen Gelingens für die Folge darzuthun, wenn eine geſchickte und mit den Ar-

beiten in Aqua tinta vertraute Hand ſich der Sache annehmen wollte. Sie werden mich wahrſcheinlich fragen, mein Herr, warum ich auf Zinn ſtatt auf Kupfer gravire. Allerdings habe ich mich ebenſo des letztern Metalls bedient; aber zu meinen erſten Verſuchen mußte ich das Zinn vorziehen, von dem ich mir überdieß einige Platten zu meinen Verſuchen in der Camera obscura angeſchafft hatte, da dieſes Metall durch ſeine glänzende Weiße viel geeigneter iſt, das Bild der dargeſtellten Gegenſtände zu reflectiren.

„Ich ſetze voraus, mein Herr, daß Sie Ihren erſten Verſuchen Folge gegeben haben: Sie waren auf zu gutem Wege, um ſtehen zu bleiben. Da wir uns mit demſelben Gegenſtande beſchäftigen, ſo müſſen wir ein gleiches Intereſſe daran haben, unſere Bemühungen zur Erreichung des Zweckes in Wechſelwirkung zu ſetzen; und ſo werde ich es mit großer Genugthuung vernehmen, wenn der neue Verſuch, der ſich mit Ihrer vervollkommneten Camera obscura anſtellen ließ, einen Ihren Erwartungen entſprechenden Erfolg gehabt hat. In dieſem Fall, mein Herr, und wenn Sie keine Indiscretion meinerſeits darin finden ſollten, würde ich eben ſo begierig ſein, das Reſultat davon zu erfahren, als ich mich geſchmeichelt finden würde, Ihnen das Reſultat der Unterſuchungen gleicher Art, womit ich mich beſchäftigen werde, mittheilen zu können.

„Genehmigen Sie u. ſ. w.“

Dieſe verſchiedenen Belege würden ungeachtet ihrer Authenticität und ihres unzweifelhaften Datums doch ohne Gewicht bei einer Prioritätserörterung gegen Jemand ſein, der ohne vorherige Kenntniß derſelben dem Publikum zuerſt Mittheilungen über die Verbindung der photographiſchen Methoden mit der Gravirkunſt gemacht hätte. In dieſem Bezuge geht die Priorität des Herrn Niepce aus einer detaillirten Anführung des 8. Artikels des Vertrags hervor, welche in der Sitzung der Akademie geſchehen, in der die photographiſchen Methoden veröffentlicht wurden. In dieſer Anführung, deren ſich funfzig Perſonen erinnern, habe ich bemerkt, daß Hr. Niepce es vortheilhaft gefunden, ein wenig Wachs zu ſeinem Firniß zu fügen, wenn er ein Bild für eine zu gravirende Platte herſtellte. Auch habe ich Herrn Lemaitre als den Graveur genannt, mit welchem ſich die Herren Niepce und

Daguerre zur Vervollkommnung der als erste Entwürfe zu betrachtenden Platten associrt hatten.

Folgender Artikel des, am 14. Dec. 1829 zwischen den Herren Niepce und Daguerre abgeschlossenen, provisorischen Vertrags beweist, daß die beiden Associés auch damals noch hofften, das Graviren auf Platten mit photographisch erzeugten Bildern vortheilhaft anwenden zu können:

Art. 8. „Wenn die Contrahenten es zweckmäßig finden sollten, eine Anwendung der genannten Entdeckung zu Zwecken der Gravirkunst zu machen, d. h. die Vortheile zu constatiren, welche für einen Graveur aus der Benutzung der genannten Verfahrungsarten zur Uebertragung der Zeichnungen mit vielen Details auf die Platten hervorgehen könnten, so machen sich die Herren Niepce und Daguerre verbindlich, niemand anders als Herrn Lemaitre zu dieser Anwendung zuzuziehen."

Im Uebrigen ist in dem Berichte, welchen ich der Deputirtenkammer am 8. Juli 1839 abgestattet habe, und welcher drei Tage nachher zum Druck gelangt ist (s. oben S. 388) „der Uebertragung von Zeichnungen mit vielen Details auf die Platten zum Gebrauch für Kupferstecher" gedacht. Endlich findet man folgende Stelle von Herrn Niepce in der von Herrn Daguerre veröffentlichten Brochüre:

„Da sich der angewandte Firniß unterschiedslos auf Stein, Metall und Glas auftragen läßt, ohne daß die Manipulation verschieden ist, so werde ich mich blos auf die Manipulationsweise bei silberplattirtem Kupfer und Glas beschränken, indem ich jedoch bezüglich des Gravirens auf Kupfer bemerke, daß man ohne Nachtheil ein wenig in ätherischem Lavendelöl aufgelöstes Wachs in die Zusammensetzung des Firnisses eingehen lassen kann."

Herr Niepce de St. Victor, welcher mit Erfolg bestrebt ist, die große Kunst, zu deren Entdeckung sein Onkel, Herr Niepce, so viel beigetragen, ferner zu vervollkommnen, ist dahin gelangt, Stiche, die sehr der Beachtung werth sind, dadurch zu erzielen, daß er photographische Bilder auf Stahl übertrug und dann die Platte der Aetzung unterwarf. Diese Versuche lassen hoffen, daß das Problem der heliographischen Gravirkunst dereinst noch vollständig gelöst werden wird.

Fünfzehntes Kapitel.

Schluß.

Ich habe mich in dieſer Darſtellung beſtrebt, darzuthun, daß die Photographie eine durchaus franzöſiſche Erfindung iſt; und ich freue mich, zum Schluß hinzufügen zu können, ohne Herrn Talbot den beträchtlichen Antheil beſtreiten zu wollen, welchen er an der Erfindung der Verfahrungsarten zur Herſtellung der Bilder auf Papier in Anſpruch nehmen kann, daß die vornehmſten Verbeſſerungen, welche die von den Herren Niepce und Daguerre entdeckte Kunſt nach und nach erfahren hat, mit vollem Fuge Franzoſen zuzuſchreiben ſind: Herrn Claudet, welcher den Weg gefunden hat, die Dauer der Ausſtellung in der Camera obscura auf einige Secunden zu reduciren; Herrn Fizeau, welcher ein ſchätzbares Mittel entdeckt hat, den Bildern mehr Ton und Haltbarkeit zu verleihen; Herrn Blanquart-Evrard, welcher die Methoden der Photographie auf Papier verkürzt und vereinfacht hat; Herrn Niepce de St. Victor, der die Photographie auf Glas mit Eiweißüberzug entdeckt hat; Herrn Legray, der dem Eiweiß das Collodium in dieſem ſehr wichtigen Zweige der neuen Kunſt ſubſtituirt hat, u. ſ. w. Dank ſo vielen, mit Erfolg gekrönten Beſtrebungen, hat die Photographie in wenig Jahren eine nicht zu erwartende Vollendung erreicht, und ſich in alle Theile der Welt mit einer Schnelligkeit verbreitet, die ich zu der Zeit ihres Urſprungs nicht zu hoffen wagte, wo ich derſelben nach der Anſicht von Manchen eine zu glänzende Zukunft weiſſagte.

Von der Phosphorescenz.

Unter Phosphorescenz verſteht man die gewiſſen Körpern zukommende Eigenſchaft, im Dunkeln zu leuchten, wenn ſie unter gewiſſe Umſtände verſetzt werden.

Benvenuto Cellini ſcheint zuerſt der Phosphorescenz von Mineralien gedacht zu haben. In ſeinem Werke Due trattati dell' Orificeria, welches zu Anfange des ſechszehnten Jahrhunderts erſchien, führt er nämlich an, daß er einen Karfunkel im Dunkeln habe leuchten ſehen, und fügt hinzu, es ſei ein farbiger Stein derſelben Art in einem Weinberge bei Rom gefunden worden, welcher ſeine Gegenwart durch das Nachts von ihm verbreitete Licht verrathen habe. Boyle beobachtete im Jahre 1663, daß ein Diamant, nachdem er erwärmt, gerieben oder einfach gedrückt worden iſt, ein Licht gleich dem des Johanniswürmchens von ſich gibt.

Homberg, Beccari, Dufay und einige andere Phyſiker beſchäftigten ſich auch mit den phosphorescirenden Körpern, ohne über die ziemlich unbeſtimmten Vorſtellungen, welche man bis zum Ende des 18. Jahrhunderts über dieſe ſonderbaren Erſcheinungen hatte, ſonderlich hinauszugehen.

In einem Aufſatze von Pallas, der im J. 1783 in den erſten Bd. der petersburger Memoiren eingerückt iſt, wird erwähnt, daß der Flußſpath von Katharinenburg durch die bloße Wärme der Hand, nur eine halbe Minute darin gehalten, leuchtend wird. Der Lichtſchein, welchen der Kryſtall hiernach verbreitet, iſt weißlich und blaß; bei der Siedhitze wird er grün; bei noch höherer Temperatur geht er

aus Seladongrün in das schönste Türkisblau über, eine Erscheinung, welche die gemeinen Flußspathe nicht darbieten.

Die allgemeine Farbe des Gesteinganges ist ein blasses Violett; hier und da sieht man dunklere Stellen; sonst bemerkt man weißlich durchscheinende manchmal ins Grün ziehende Schichten. Die grünlichen Adern sind es, welche die Eigenschaft zu phosphoresciren im höchsten Grade besitzen und durch Erhitzung am lebhaftesten blau werden. Bei den Flußspathen vom Berge Ubukun in der Nähe des Selenga, und denen von Breitenbrunn in Sachsen, welche auf einem violetten Grunde grün geadert sind, werden die grünen Adern durch mäßige Erwärmung leuchtend, während der übrige Theil keinen merklichen Lichtschein verbreitet und manchmal gar kein Phosphorescenzvermögen besitzt.

Wedgwood, im J. 1792 (Philosophical Transactions Bd. LXXXII, S. 28—270), und der Abbé Hauy, im J. 1801 (Traité de minéralogie), untersuchten das Phosphorescenzvermögen bei einer gewissen Zahl von Mineralien; sie brachten dasselbe dadurch zum Vorschein, daß sie das Mineral in gepulvertem Zustande auf ein heißes Eisen warfen. Außer dem faulen Holze und einigen Mineralsubstanzen zählte man nach diesen Untersuchungen ein Dutzend phosphorescirender Körper.

Der Gegenstand ward im J. 1819 einer neuen Untersuchung durch Brewster unterworfen.*) „Bei meinen Versuchen, sagt dieser berühmte Physiker, pulverte ich den Körper niemals, sondern warf jedesmal ein Bruchstück desselben auf eine dicke Masse heißen Eisens, nachdem dieselbe zuvor in ein dunkles Zimmer gebracht worden. Wenn sich die Phosphorescenz bei Anwendung dieser Methode nicht leicht zeigte, so nahm ich einen Pistolenlauf, und that nach Verstopfung seiner vordern Mündung das Mineral in den hintern Theil, den ich dann über das Feuer brachte. Vor Beginn der Rothglühhitze erkannte ich die Phosphorescenz leicht durch Hineinsehen in den Lauf; was ich manchmal durch eine Glasplatte hindurch that, um mein Auge vor der heißen Luft zu schützen, manchmal durch ein kleines Fernrohr, welches so gestellt war, daß im Grunde des Laufs befindliche Gegenstände deut-

*) Diese Untersuchung ist in dem Edinb. philos. Journ. von Brewster und Jameson 1819 S. 483 enthalten. Anm. d. d. Ausg.

lich dadurch geſehen werden konnten. Andermal brachte ich das Mineral erſt in den Lauf ein, nachdem er aus dem Feuer genommen worden, und die Rothglühhitze ganz vorbei war.“

Solchergeſtalt hat Brewſter folgende Reſultate erhalten:

Tabelle der phosphorescirenden Mineralien.

	Namen der Mineralien.	Farbe oder Ausſehen der Mineralien.	Farbe, Intenſität, Ausſehen ihres Lichtes.
	Flußſpath	roſa (pink)	grün.
	„	purpur	bläulich.
	„	bläulichweiß	blau.
	Dichter Fluß	gelblich	ſchön grün.
5	Sandartiger Fluß	weiß	weißer Funken.
	Kalkſpath	gelb	gelb.
	„	durchſichtig	gelblichroth.
	Kalkſtein aus dem nördl. Irland	—	gelblichroth.
	Phosphorſ. Kalk	roſa	gelb.
10	Arragonit	ſchmutzigweiß	röthlichgelb.
	Kohlenſ. Baryt	weißlich	blaßweiß.
	Harmotom	farblos	röthlichgelb.
	Diphr	weiß	Lichtflecken.
	Grammatit von Glentilt	—	gelb.
15	„ „ Cornwall	—	bläulich.
	Topas aus Aberdeenſhire	blau	bläulich.
	„ „ Braſilien	gelb	ſchwach, gelblich.
	„ „ Neuholland	weiß	bläulich.
	Rubellit	röthlich	ſcharlach.
20	Schwefelſ. Kalk	gelblich	ſchwaches Licht.
	„ Baryt	gelb	blaſſes Licht.
	„ „	ſchieferfarbig	blaſſes Licht.
	„ Strontian	bläulich	ein Stück leuchtete recht hell.
	„ Blei	durchſichtig	ſchwach u. unterbrochen.
25	Anhydrit	röthlich	ſchwaches Licht.
	Sodalit	dunkelgrün	recht hell.
	Magneſiaſpath	gelblich	ſchwach, weiß.
	Rothgültigerz	roth	recht hell, aber flüchtig.
	Barytſtrontianit	weiß	ſchwach.
30	Arſenikſ. Blei	gelblich	lichtweiß.
	Sphen	gelb	lichtweiß.

	Namen der Mineralien.	Farbe oder Ansehen der Mineralien.	Farbe, Intensität, Aussehen ihres Lichtes.
	Tremolit	weißlich	röthlichgelb.
	Glimmer	grünlich	weißlich.
	„ von Waygatz	schwarz	weiße Flecken.
35	„ „ „	braun	recht hell.
	Titansand	schwarz	schwache Flecken.
	Hornstein	grau	gelblich.
	Tafelspath von Dognatska	weißlich	gelblich.
	Lasurstein	blau	schwach.
40	Spodumen	grünlich	schwach.
	Titanit	röthlich	ausnehmend schwach.
	Cyanit	gelblichweiß	bläulich.
	Galmei	braun	schwach.
	Augit	grün	recht hell.
45	Petalit	röthliche Färbung	blau und sehr hell.
	Starrer (rigid) Asbest	—	recht hell.
	Datolith	durchsichtig	hell.
	Korund	braun	hell.
	Anatas*)	dunkel	röthlich gelb.
50	Tungsteinsaurer Kalk	gelblichweiß	leuchtend wie eine glühende Kohle.
	Quarz	Die Phosphorescenz dieser neun Mineralien wurde in dem Pistolenlauf beobachtet.	sehr schwach.
	Amethyst		schwach.
	Obsidian		recht hell, schmutzig.
	Mesotyp aus d. Auvergne		sehr schwach.
55	Glasiger Strahlstein		kleine Flecken.
	Rothgültigerz		ziemlich hell.
	Hornsilber		blau.
	Kohlensaures Kupfer		sehr schwach.
	Grüne Teleste		blaß blau und recht hell.

Brewster zieht ferner aus seinen Beobachtungen nachstehende Folgerungen:

„1) Die Eigenschaft, bei Erhitzung phosphorisches Licht zu entwickeln, ist unter den Mineralkörpern sehr gemein.

---

*) Die Phosphorescenz des Anatas unterscheidet sich ganz und gar von der der andern Mineralien. Sie erscheint plötzlich wie eine Flamme und ist bald erloschen.

„2) Wo ſie ſich findet, kommt ſie meiſt gefärbten oder unvollkommen durchſichtigen Mineralien zu.

„3) Die Farbe des phosphoriſchen Lichtes hat keine beſtimmte Beziehung zur Farbe des Minerals.

„4) Dieſe Eigenſchaft kann durch Anwendung einer intenſiven Hitze vollſtändig zerſtört werden.

„5) Im Allgemeinen wird das Licht von phosphoreſcirenden Mineralien nicht wieder abſorbirt, wenn ſie ſeiner Wirkung ausgeſetzt werden.

„6) Das durch Hitze entwickelte Licht ſteht in keiner Beziehung zu dem durch Reiben entwickelten, indem Körper, welche durch Erhitzung nicht zu leuchten vermögen, noch durch Reiben dazu gebracht werden können.

„7) Dieſes phosphoriſche Licht beſitzt dieſelben Eigenſchaften, als das directe Licht von der Sonne oder irgend einem andern leuchtenden Körper.

„8) Unter den meiſten der in voriger Tabelle enthaltenen Mineralien gibt es Stücke, die nicht durch Erhitzung zum Leuchten gelangen, wonach dieſe Eigenſchaft nicht als ein weſentliches Kennzeichen dieſer Mineralien anzuſehen iſt.“

Dadurch daß man das von den phosphoreſcirenden Mineralien ausgeſendete Licht bezüglich ſeiner Polariſation unterſucht, kann man zur Beſtimmung gelangen, in welchem Verhältniß ihre inneren Theile zur Erzeugung dieſes Lichtes beitragen. Hierzu reicht hin, wenn die obere Fläche des Minerals eben und glatt iſt, und die Geſichtslinie einen ſehr kleinen Winkel damit bildet, durch die bekannten Mittel die Strahlen, welche den phosphoriſchen Lichtſchein bilden, zu analyſiren und zu ermitteln, in welchem Verhältniſſe die durch Brechung polariſirten Strahlen in dem geſammten Lichte vorkommen. Begreiflich, wenn das von der Oberfläche ausgeſendete Licht Null wäre, würde dieſes Verhältniß ungefähr daſſelbe ſein, als wenn ein Bündel Sonnenſtrahlen durch Uebergang vom Kryſtall in die Luft unter einer der Geſichtslinie gleichen Neigung polariſirt würde. Unterſucht man aus demſelben Geſichtspunkte das Licht, welches die eigene Farbe der

Körper bildet, ſo gelangt man zu intereſſanten Reſultaten, deren wir anderwärts gedacht haben*).

Nach Veröffentlichung der Daguerre'ſchen Entdeckung über die Wirkung, welche das Licht auf verſchiedene chemiſche Subſtanzen und namentlich gewiſſe Silberſalze äußert, und über die Weiſe, wie ſich die erhaltenen Bilder fixiren laſſen, hat Herr Biot mit Herrn Edmund Becquerel ſehr intereſſante Verſuche über die Wirkung der Sonnenſtrahlung, nachdem das Licht zuvor durch durchſichtige Subſtanzen gegangen iſt, angeſtellt.

Mehrere ältere Phyſiker hatten ſchon bemerkt, daß das Licht ſeine Eigenſchaft, Körper zum Phosphoresciren zu bringen, theilweis verliert, wenn es durch durchſichtige Gläſer, wie Fenſterſcheiben durchgeht. So gaben Homberg und Beccari an, daß man mit dem Bologneſer Steine nur bei offenen Fenſtern experimentiren dürfe.

Die große Erregbarkeit der durch Calcination von Auſterſchalen erhaltenen Phosphoren war auch ſchon bemerkt worden. Beccari und Benjamin Wilſon hatten verſichert, daß es genüge, manche Körper einen Bruchtheil einer Secunde dem Lichte auszuſetzen, um ſie leuchtend zu machen.

Wir wiſſen nicht, ob die Entwickelung des Phänomens an den Act der Reflexion des Lichts durch die Oberfläche der phosphoresciренden Subſtanz oder an den Act des von einer Abſorption begleiteten Durchganges durch die Molecüle derſelben geknüpft iſt. Meines Erachtens würde ſich dieſe Frage heutzutage entſcheiden laſſen, indem dazu hinreichen würde, eine mit Phosphorescenzvermögen begabte parallelflächige Diamantplatte mit einem polariſirten Lichtbündel zu beleuchten, deſſen Polariſationsebene und Einfallswinkel ſo angeordnet worden, daß es weder an der Eintritts- noch Austrittsfläche eine Zurückwerfung erführe, und den Erfolg mit dem zu vergleichen, den man bei gleichem Einfallswinkel durch einen nicht polariſirten Strahl von gleicher Intenſität oder noch beſſer durch einen ſolchen erhielte, deſſen Polariſationsebene die des erſten rechtwinklig ſchnitte.

*) Ueber die Polariſation S. 333 und 365 dieſes Bandes.

Es gibt noch einen andern Versuch, an welchen ich seit lange gedacht habe, und der auch einige schätzbare Data bezüglich der Ursachen der Phosphorescenz liefern könnte. Nämlich es gälte zu ermitteln, ob unter den Verhältnissen der Wegdifferenzen, wo zwei Strahlen Sonnenlicht die leuchtende Eigenschaft so wie die Eigenschaft das Chlorsilber zu färben, verloren haben, denselben noch die Fähigkeit zukommt, Phosphorescenz zu erzeugen. Die theoretischen Ansichten, welche Herr Biot der Akademie der Wissenschaften am 25. Februar 1839 vortrug, haben mich veranlaßt, Versuche in Erinnerung zu bringen, die ich schon vor vielen Jahren über die relativen Lagen der dunkeln und der ungefärbten Streifen des Chlorsilbers je nach ihrer Bildung durch Luft und Wasser hindurch angestellt hatte. Anfangs hatte es geschienen, als wenn hieraus etwas Entscheidendes für die eine oder andere der beiden Theorieen, zwischen welchen die Physiker noch getheilt sind, hervorgehen müßte; da ich inzwischen zu der Ueberzeugung gekommen war, daß wenigstens von dieser Seite her keine widerspruchslosen Einwürfe sich würden erheben lassen, hatte ich meine Arbeit aufgegeben.

Im Jahre 1839 äußerte ich den Wunsch, diese letzte Reihe von Untersuchungen wieder aufgenommen zu sehen; welchem Wunsche Herr Edmund Becquerel mit vielem Erfolge entsprochen hat. Er ist zu folgendem merkwürdigen Resultate gelangt:

„Für alle chemischen Spectra, welche aus der Wirkung der Sonnenstrahlen auf die verschiedenen für solche Wirkung empfänglichen Substanzen hervorgehen, fallen die Streifen mit denen des Lichtspectrums zusammen, wofern man nur die Strahlen von gleicher Brechbarkeit in Betracht zieht. Unter chemischen Spectrum versteht man die Gesammtheit der Strahlen, welche auf eine gegebene empfindliche Substanz wirken. Im Allgemeinen erstrecken sich die chemischen Spectren über das äußerste Violett hinaus bis zu einer Distanz, welche manchmal der halben Länge des Lichtspectrums gleich kommt; wovon die Folge ist, daß jenseits der leuchtenden Strahlen noch eine unendliche Menge neuer Streifen als Fortsetzung der von Frauenhofer beobachteten vorkommen.

„Die Wirkung der Sonnenstrahlen auf diejenigen Körper anlangend, welche unter ihrem Einflusse leuchtend zu werden vermögen, d. i. welche nach Insolation phosphoresciren, so hat sich gefunden, daß die Phosphorescenz-Spectra dieselben Streifen besitzen, als die chemischen und Licht-Spectra. Die zu den Versuchen darüber angewandten Substanzen waren das Schwefelcalcium und Schwefelbaryum (d. i. der Canton'sche und der Bolognefer Leuchtstein), welche als die empfänglichsten für die Lichtwirkung gelten. Bei Constatirung dieser Wirkungen bin ich zur Entdeckung anderer Strahlen geführt worden, welche auf diese Substanzen blos durch Auslöschung der erzeugten Phosphorescenz wirken. Läßt man z. B. das Sonnenspectrum auf das Schwefelcalcium wirken, so erhält man ein Phosphorescenzspectrum mit zwei Wirkungsmaximis, dem einen um das äußerste Violett, dem andern jenseits desselben; die Strahlen von nächst kleinerer Brechbarkeit sind wirkungslos; von der Gränze des Blau und Indigo bis weit jenseits des Roth findet sich ein Spectrum von Strahlen, deren Wirkung darin besteht, die durch die Wirkung der andern Strahlen erzeugte Phosphorescenz vollständig aufzuheben; und selbst den Eintritt der Phosphorescenz dieses Körpers durch Erhitzung zu verhindern.

„Das Schwefelbaryum zeigt bei entsprechender Untersuchung dieselben Resultate, abgesehen davon daß das Phosphorescenz-Spectrum blos ein Wirkungs-Maximum hat, welches jenseits des violetten Endes liegt.

„Aus diesen Thatsachen ergibt sich also, daß die jenseits des sichtbaren Theils des Spectrums liegenden, also dunklen Strahlen, noch Licht geben, da jene Schwefelverbindungen unter ihrem Einflusse noch leuchtend werden, und daß man das dadurch erzeugte Leuchten wieder aufheben und diese Körper wieder dunkel machen kann, wenn man leuchtende Strahlen, rothe, orangefarbene, gelbe, grüne, blaue, darauf fallen läßt."

Um der Wahrheit ihr Recht zu geben, muß ich die Entdeckung der sonderbaren Eigenschaft, die Phosphorescenz der Körper aufzuheben, womit manche Lichtstrahlen begabt sind, für Seebeck in

Berlin in Anſpruch nehmen. Folgendes iſt die Stelle, worin der deutſche Phyſiker ſeine Beobachtungen verzeichnet hat*).

„Die Barytphosphoren, nach Marggrafs bekannter Angabe bereitet, leuchten gelbroth; Phosphoren aus künſtlichem ſchwefelſauren Strontian meergrün, manche auch blau; nach Canton's Vorſchrift aus gebrannten Auſterſchalen zubereitete Kalkphosphoren (Schwefelkalk) größtentheils hellgelb, einige auch rein roſenroth, andere blaß violett.

„Die genannten Phosphoren, der Reihe nach den verſchiedenen prismatiſchen Farben ausgeſetzt, wurden im Blau und Violett alle ſogleich leuchtend. Die Barytphosphoren erſchienen im Dunklen gelbroth, die neuen Strontianphosphoren meergrün u. ſ. w., vollkommen ſo, wie ſie nach Einwirkung reinen Sonnenlichts leuchteten. Im Blauen wurden ſie nur wenig ſchwächer leuchtend als im Violett; hart über dem Violett, wo kaum eine Farbe zu erkennen iſt, nehmen ſie einen eben ſo lebhaften Glanz an, als im Violett. Im Grün wurden ſie beträchtlich ſchwächer leuchtend als im Blau, im Gelben noch viel ſchwächer und im Roth am ſchwächſten, und zwar wurden ſie hier mehrentheils nur weißlich leuchtend. Auch unter dem Roth nehmen die Phosphoren häufig einen Glanz an.

„So verhielten ſich die Leuchtſteine und auch noch andere leuchtende Körper in den Spectren einer beträchtlichen Anzahl, zum Theil höchſt vollkommener, Glasprismen. In Gelb und Roth derſelben wurden gute Leuchtſteine zwar leuchtend (noch bei einer 5 bis 6 Linien breiten Oeffnung im Laden und in einem Abſtande von 9 bis 12 Fuß

*) Die aus Göthe's Farbenlehre II, S. 703 citirte Stelle iſt im Arago'ſchen Texte zwar mit Anführungszeichen, doch nur im Auszuge und nicht überall genau wiedergegeben. Oben iſt mit einigen unweſentlichen Abkürzungen, wie ſie der Arago'ſchen Auszugsform entſpricht, der Seebeck'ſche Text ſelbſt wiedergegeben. Der Arago'ſche Auszug beginnt mit den Worten: „Le rouge jaunâtre tue les phosphores de Marggraff et de Canton; le bleu les ranime.“ Bei Seebeck ſteht ein ſolcher Satz nicht an der Spitze und iſt überhaupt nicht ſo ſchlechthin von ihm ausgeſprochen; auch ſcheint die obige Angabe: „im Gelb und Roth wurden gute Leuchtſteine zwar leuchtend“ u. ſ. w. in Widerſpruch damit, wenn ſchon die weiter folgenden Verſuche mit farbigen Gläſern oder einer Linſe direct dafür ſprechen. Anm. d. d. Ausg.

vom Prisma), doch immer sehr viel schwächer als im Blau und Violett. Wenn die Oeffnung im Laden noch kleiner war, etwa 2 Linien im Durchmesser betrug, so wurden mehrere Leuchtsteine in dem eben erwähnten Abstande im Roth nicht mehr leuchtend, im Blau oder Violett aber wurden sie es.

„Ein dickes dunkelblaues Glas, durch welches nur hell erleuchtete Gegenstände eben zu erkennen waren, wurde vor den von der Sonne beschienenen Laden der dunklen Kammer befestigt, und ein bononischer Leuchtstein in das einfallende Licht gehalten; er wurde im Augenblick leuchtend, und zwar wie gewöhnlich gelbroth. Die übrigen Leuchtsteine verhielten sich eben so.

„Nun wurde ein gelbrothes Glas, wodurch man vollkommen alle Gegenstände erkennen konnte, in den Laden gesetzt, und die Leuchtsteine in dies helle gelbrothe Licht gelegt; aber keiner von allen wurde leuchtend, wie lange sie auch in diesem Lichte blieben.

„Ein Leuchtstein wurde durch reines Sonnenlicht zum Phosphoresciren gebracht, und die Zeit bemerkt, welche bis zu seinem völligen Erlöschen verfloß. Dies währte etwa 10 Minuten. Er wurde hierauf nochmals in der Sonne leuchtend gemacht, und dann sogleich in das durch das gelbrothe Glas einfallende Licht gehalten. Er verlosch hier nicht nur völlig, sondern auch in beträchtlich kürzerer Zeit als für sich im Dunklen; schon nach 1 bis 2 Minuten konnte man keinen Schein mehr an diesem Phosphor erkennen. Je lebhafter die Sonne schien, desto schneller erfolgte das Erlöschen unter dem gelbrothen Glase.

„Dieser Gegensatz zwischen der Wirkung einer gelbrothen und blauen Beleuchtung bestätigte sich noch glänzender durch folgende Vorrichtung.

„Ich stellte in das durch das gelbrothe Glas einfallende Sonnenlicht eine Linse von 4 Zoll, und brachte in den Focus derselben einen auf das Lebhafteste glänzenden Barytphosphor; er erlosch hier sogleich, wie eine in Wasser getauchte Kohle. Selbst die empfindlichsten und dauerndsten Leuchtsteine, z. B. die grünlichen Strontianphosphoren, wurden hier in wenigen Secunden lichtlos. Man

braucht die Leuchtsteine nicht einmal völlig in den Focus zu bringen; auch außer demselben erlöschen sie schon nach einigen Secunden.

„Statt des gelbrothen Glases wurde hierauf eine stärkere blaue Scheibe, durch welche man noch alle Gegenstände erkennen konnte, in dem Laden befestigt, die nämliche Linse davor gestellt, und in den Focus derselben ein dunkler, nicht leuchtender Erdphosphor gehalten; er wurde hier sogleich glühend, und wohl so stark, als im hellsten Sonnenschein.

„Auch das prismatische Roth wirkt, wie schon Wilson und später Davy und Ritter bemerkt hatten, lichtschwächend auf die Phosphoren. Nach meinen Erfahrungen erlöschen sie hier gemeinhin nicht völlig, sondern kommen nur in etwas kürzerer Zeit auf den schwachen Lichtzustand zurück, den sie an dieser Stelle annehmen. Ist die Oeffnung im Laden sehr klein, so werden, wie schon oben angeführt, die Phosphoren, bei einer gewissen Entfernung vom Prisma, in dem Roth desselben nicht mehr leuchtend, aber dann wirkt auch diese Beleuchtung überhaupt nicht; die Phosphoren erlöschen hier nicht schneller, als für sich im Dunklen. Im Blau und Violett dagegen werden die Leuchtsteine in dem angegebenen Abstande noch leuchtend; hieraus folgt also, daß die deprimirende Kraft des Rothen und Gelben früher abnimmt, als die excitirende des Blauen und Violetten. Doch auch diese hört in einer größeren Entfernung vom Prisma auf, und dort existirt nur für das Auge noch ein wirksames Farbenbild." *)

*) Es ist auffällig, daß Arago in seiner Abhandlung nirgends auf die ausgedehnten Untersuchungen von Dessaignes über Phosphorescenz (durch verschiedene Ursachen, darunter auch durch Insolation und Erhitzung), Rücksicht nimmt, welche im Journ. de Phys. 1809, Juni, S. 444 ff. enthalten sind, und wovon sich eine Uebersetzung in Pl. Heinrich großen Quartwerke über Phosphorescenz, „die Phosphorescenz der Körper, Nürnberg 1811" findet, welches überhaupt das Ausführlichste ist, was über diesen Gegenstand existirt. Anm. d. d. Ausg.

Ueber die erwärmende und chemiſche Wirkung des Lichtes.

Erſtes Kapitel.

Ueber die Wärme, welche die Lichtſtrahlen aus irdiſchen Quellen begleitet.

Im Jahre 1679 fand Mariotte, daß die Wärmeſtrahlen, welche ein großes Kohlenfeuer ausſendet, andere Eigenſchaften haben, als die Wärmeſtrahlen der Sonne. Aus den von ihm angeführten Verſuchen ging nämlich hervor: „daß das Licht und die Wärme dieſes Geſtirns mit gleicher Leichtigkeit durch das Glas und die anderen durchſichtigen Körper hindurchgehen...; das Licht des Feuers aber leicht durch das Glas hindurchgeht, während die Wärme nicht oder ſehr wenig hindurchgeht.“

Im J. 1726 beſtätigte Dufay, Mitglied der Akademie der Wiſſenſchaften, durch neue Verſuche die von Mariotte entdeckte fundamentale Thatſache, und wies außerdem nach, daß die von einem gewöhnlichen Feuer ausgeſtrahlte Wärme noch in hinreichend ſtarkem Verhältniſſe durch Glas hindurchgeht, um verſchiedene Subſtanzen im Focus eines Brennſpiegels zu entzünden.

Im J. 1777 zeigte Scheele, wahrſcheinlich ohne zuvor Kenntniß von Mariotte's oder Dufay's Verſuchen gehabt zu haben, in ſeiner berühmten Schrift von der Luft und dem Feuer an, daß das Glas die Wärme von irdiſchen Feuern gänzlich aufhält. Aber zahlreiche Beobachtungen, welche ſeitdem von andern Beobachtern angeſtellt worden ſind, haben ſämmtlich Dufay's Reſultat beſtätigt.

Wir haben bisher blos von der Wärme glühender Körper gesprochen. Die von nicht leuchtenden Körpern ausgestrahlte Wärme, welche deshalb als dunkle Wärmestrahlen bezeichnet wird, ist nicht minder sorgfältig in ihrem Verhalten untersucht worden. Der Versuch lehrte bald, daß ein Thermometer steigt, wenn es z. B. einem mit erhitztem Queckſilber gefüllten Kolben gegenübergestellt wird, selbst wenn die Strahlen nur nach dem Durchgange durch eine mehr oder weniger dicke Glasplatte zum Thermometer gelangen können. Jedermann stimmte in Betreff der Thatsache überein; nur die Erklärung war verschieden. Die Einen behaupteten, daß ein Theil der dunklen Wärme in derselben Weise wie die leuchtenden Strahlen durch das Glas hindurchgehe und die Hauptquelle der zur andern Seite beobachteten Temperaturerhöhung sei. Andere glaubten, daß die Glasplatte alle vom Kolben ausgegangenen Strahlen aufhalte, und daß nachmals die eigene Strahlung der erwärmten Platte das Ansteigen des Thermometers verursache. Die später von Brande bestätigten Beobachtungen Maycock's bewiesen die Unzulänglichkeit dieser letzten Erklärung. Kurze Zeit darauf (Auguſt 1810) gelang es dem Professor Prévoſt, die Wirkungen der unmittelbar durchgegangenen strahlenden Wärme von denen zu scheiden, welche von der Erwärmung des Schirmes abhängen, indem er erstlich bewegliche Glasschirme anwandte, welche er oft und ohne ihnen zur Erwärmung Zeit zu lassen, erneuerte, zweitens eine dünne Schicht beständig fließenden Wassers an die Stelle des Schirmes setzte. Durch diese beiden sinnreichen Versuche ist auf das directeste bewiesen, daß die dunklen Wärmestrahlen durch durchsichtige Schirme aus Glas und Wasser hindurchzugehen vermögen. De Laroche vervollständigte nachmals (Juni 1811) unsere Kenntniſſe über diesen Gegenstand durch den experimentellen Nachweis folgender zwei Principe:

Die durch das Glas unmittelbar hindurchgehende strahlende Wärme hat ein um so größeres Verhältniß zu der, welche in derselben Richtung auf das Glas auffällt, je höher die Temperatur der Quelle ist, von welcher die Wärme ausstrahlt.

Die Wärmestrahlen, welche schon durch einen Glasschirm hindurchgegangen sind, erfahren beim Durchgange durch einen zweiten

gleichen Schirm einen viel geringeren Verlust als bei ihrem Durchgange durch den ersten.

Zweites Kapitel.

Chemische Wirkung der Strahlen künstlicher Lichtquellen.

Es gibt eine ziemlich große Anzahl von Substanzen, welche durch die Wirkung des Lichts modificirt werden. Wird z. B. ein Gemisch von Chlor und Wasserstoff den directen Sonnenstrahlen ausgesetzt, so bildet sich sogleich Salzsäure oder Chlorwasserstoffsäure; aber dieselben zwei Gasarten wirken nicht auf einander, wenn das Glasgefäß, worin sie enthalten sind, blos durch das zerstreute Licht der Atmosphäre beleuchtet wird.

Die amerikanischen Journale haben im J. 1822 eine Thatsache veröffentlicht, welche in directem Widerspruche mit der allgemein angenommenen Ansicht steht, daß eine solche Unfähigkeit des zerstreuten atmosphärischen Lichts, die Explosion eines Gemisches von Chlor und Wasserstoff zu bewirken, statt habe. Folgendes sind die Umstände des Versuchs:

Eine gewöhnliche gut gereinigte Oelflasche enthielt Chlor. Prof. Silliman war damit beschäftigt, auch Wasserstoffgas einzulassen, als eine starke Explosion, begleitet von einer sehr auffälligen Lichtentwickelung, erfolgte. Die Stücke der Flasche wurden an die Decke geschleudert: blos der Hals blieb in der Hand des Beobachters. „Nun konnte nicht nur kein directer Lichtstrahl die Stelle treffen, wo sich Prof. Silliman befand, sondern das verbreitete Licht war auch ausnehmend schwach, da sich der Himmel damals zufällig mit einer Schicht dicker schneebeladener Wolken bedeckt fand.“

Brande berichtet, daß, als er ein Gemisch aus gleichen Theilen Chlor und Wasserstoff in einer Kugel aus dünnem Glase dem lebhaften Lichte aussetzte, welches einer durch ölbildendes Gas genährten Flamme entstrahlte, binnen 15 Minuten noch keine chemische Wirkung zu bemerken war. Ein sehr glänzender Focus, erzeugt durch dieselbe Art Licht, änderte die Weiße des Chlorsilbers ebensowenig irgendwie

ab. Brande wiederholte darauf die Versuche in folgender Weise: die kleine Kugel, welche das Gemisch von Chlor und Wasserstoff enthielt, wurde in 27 Millimeter Entfernung von zwei Kohlenspitzen gestellt, die respective mit dem positiven und negativen Pole einer aus 100 Paaren bestehenden stark geladenen Volta'schen Säule in Verbindung standen. Wie Jedermann weiß, erzeugt man dadurch, daß man die beiden Kohlenspitzen eines solchen Apparats mit einander in Berührung bringt, sofort ein lebhaftes Licht; aber Niemand hatte vor Brande bemerkt, daß dies Licht intensiv genug ist, um eine chemische Wirkung des Chlors auf den Wasserstoff hervorzurufen. Zumeist war bei den Versuchen des englischen Chemikers ein Zeitraum von fünf Minuten nöthig, um die vollständige Verbindung beider Gasarten zu bewirken. In zwei Fällen aber geschahe es, daß das Erscheinen des elektrischen Lichtes eine Explosion hervorrief, wie solche stets durch das directe Sonnenlicht entsteht.

„Da ich, sagt unser Verfasser, niemals eine ähnliche Wirkung durch irgend eine andere Art irdischen Lichtes hervorzurufen vermochte, welches immer seine Intensität war, so kann ich nicht anders als annehmen, daß die Erscheinung von irgend einer besondern Eigenschaft abhängt, in deren Besitz das Sonnenlicht und elektrische Licht ausschließlich sind."

Vorausgesetzt, dies Resultat sei durch entscheidende Beweise gesichert, so würde es meines Erachtens zu den merkwürdigsten Entdeckungen der neuern Physik gehören. Kann man aber schon behaupten, daß solche Beweise existiren? Müßte nicht z. B. erst genau ermittelt sein, wie sich das Verhältniß jener andern irdischen Lichter, die keine chemische Wirkung hervorbrachten, zum elektrischen Lichte stellte? Versuche, von denen der Prof. de la Rive in Genf mir gestattete Zeuge zu sein, gaben mir, um das Jahr 1812, Gelegenheit zu constatiren, daß bei Anwendung der Säule dieses sinnreichen Physikers, zwei durch den galvanischen Strom im leeren Raume glühend gemachte Kohlen bei Gleichheit der Oberfläche 300mal mehr Licht liefern, als eine Kerze.

Da diese Kohlen im Allgemeinen nur in einer kleinen Ausdehnung leuchten, so gebe ich zu, daß es immer möglich sein wird, sei

es dadurch, daß man einem andern leuchtenden Körper hinreichende Dimensionen gibt, oder denselben der Kugel, welche das Chlor und den Wasserstoff enthielt, hinreichend nähert, oder endlich sich eines Brennspiegels oder einer Loupe bedient, auf irgend einem Punkte der Masse des Gasgemisches ein gleich starkes Licht zu vereinigen, als das von den beiden elektrischen Kohlen ausgesandte; aber auch diese Vorsichten würden noch nicht hinreichen, das von Brande ausgesprochene Princip außer Zweifel zu stellen. Ich habe nämlich durch verschiedene Versuche gefunden, daß die chemischen Wirkungen des Lichtes seiner Intensität nicht proportional sind, daß z. B. ein isolirter Strahl unter gewissen Umständen auf einen gegebenen Punkt eine viel stärkere Wirkung zu äußern vermag als ein Bündel aus hundert solchen Strahlen. Als das einzige Mittel, alle Zweifel zu beseitigen, erscheint hiernach, die Wirkung einer durch die Elektricität leuchtend gemachten Kohle mit der einer Kohle von gleicher Ausdehnung und gleicher Intensität, an deren Glühen die Elektricität keinen Antheil hat, zu vergleichen. Eine inmitten von Sauerstoffgas brennende Kohle, wie bei den berühmten Versuchen von Lavoisier, würde wahrscheinlich den Zweck erfüllen. Man wird uns hoffentlich gestatten, diese Untersuchung der Aufmerksamkeit der Chemiker zu empfehlen, in Rücksicht, daß die von Brande aufgestellte Unterscheidung, im Falle ihrer Begründung, uns auf den Weg zur Erkenntniß der Ursachen führen könnte, von welchen die Ausstrahlung des Sonnenlichtes abhängt.

Drittes Kapitel.

Trennung der leuchtenden Eigenschaft eines Lichtstrahls von seinen wärmenden und chemischen Eigenschaften.

Melloni hat durch einen Fundamentalversuch nachgewiesen, daß die Sonnenstrahlen unter Beibehaltung ihrer vollen leuchtenden Eigenschaften alle wärmenden Eigenschaften verlieren können. Dieser Versuch besteht darin, daß man die irdischen oder Sonnenstrahlen durch ein System durchsichtiger Körper, wie Wasser und eine besondere Art

grünen Glases, welches durch Kupferoxyd gefärbt ist, gehen läßt. Das reine Licht, welches aus diesem System hervortritt, enthält viel Gelb, und zeigt dessenungeachtet eine bläulich grüne Färbung: es gibt an den feinsten Thermometern keine merkliche Wärmewirkung, selbst wenn man es durch Linsen so stark concentrirt, daß es ganz ebenso glänzend als das directe Sonnenlicht wird.

Die Mittheilung der Melloni'schen Arbeit an die Akademie der Wissenschaften am 21. Dec. 1835 gab mir Anlaß zu der Bemerkung, daß sich die Frage noch aus einem andern Gesichtspunkte betrachten ließe. Ich wies darauf hin, daß es wichtig sein würde, zu untersuchen, ob die von Herrn Melloni angewandten Verfahrungsarten oder ob ähnliche Mittel nicht auch dahin gelangen lassen würden, die Sonnenstrahlen ihrer chemischen Eigenschaften zu berauben; kurz, ob von den drei Eigenschaften, welche das Licht besitzt, wenn es von der Sonne zu uns gelangt, 1) zu erleuchten, 2) zu erwärmen, 3) chemische Verbindungen zu bewirken oder zu trennen nicht die beiden letzten demselben entzogen werden könnten, ohne die leuchtende Eigenschaft damit aufzuheben.

Dieser Versuch scheint mir zu interessanten Folgerungen führen zu müssen, und ich habe fast der Versuchung nachgegeben, ihn anzustellen. Aber da möglicherweise Hr. Melloni auch daran gedacht haben konnte, wenn schon er in seiner Abhandlung nicht davon spricht, habe ich geglaubt, meinem Vorhaben keine Folge geben zu dürfen.

Die Motive, welche ich im J. 1835 hatte, Herrn Melloni nicht in einer Untersuchung vorzugreifen, die sich so unmittelbar mit seinen schönen Entdeckungen verknüpft, bestehen noch, und ich lasse demgemäß die Erwähnung einiger Resultate beiseite, zu welchen ich über die Absorption oder Interception der chemischen Strahlen gelangt bin. Begreiflich war der Madame Sommerville nicht dieselbe Rücksicht geboten; und ich hatte keinen Grund, den interessanten Versuchen einer so ausgezeichneten Person die volle Veröffentlichung in den Sitzungen der Akademie und den Comptes rendus zu versagen.

Madame Sommerville hat gefunden, daß das Steinsalz, das weiße, blaue und violette Glas Substanzen sind, welche den chemischen Strahlen einen sehr freien Durchgang gestatten, wogegen das grüne

Glas und der grüne Glimmer, auf ein mit Chlorſilber überzogenes Papierquadrat gelegt, die Zerſetzung dieſes Salzes durch das Sonnenlicht faſt gänzlich verhindern. Das dunkelrothe Glas läßt nur ſehr wenig chemiſche Strahlen durchgehen; der Granat läßt ſie ganz durchgehen; der weiße Topas, der blaue Topas, der blaßblaue Beryll, der Cyanit, der Schwerſpath, der Amethyſt laſſen dieſelben leicht durch, aber der gelbe Beryll, der braune oder grüne Turmalin hindern ihren Durchgang faſt gänzlich.

Es gibt von einander verſchiedene Wärmeſtrahlen ſowie chemiſche Strahlen, welche durch mancherlei Körper von einander geſondert werden. Hr. Melloni hat das verſchiedene Durchlaſſungsvermögen mehrerer Körper genau ſtudirt. Man würde auch zu unterſuchen haben, ob die Wärmeſtrahlen und chemiſchen Strahlen nicht in größerem oder geringerem Verhältniſſe zurückgeworfen werden, als die leuchtenden Strahlen. Zu dieſem Zwecke ließe ſich das Leslie'ſche Photometer anwenden, wie ich im J. 1839 in einer Sitzung der Akademie (am 2. Sept.) angegeben habe; träfe man dabei gewiſſe Anordnungen, ſo würde es, ſo zu ſagen, keiner Meſſung bedürfen, um die Frage zu löſen.

Viertes Kapitel.

Von der photographiſchen Wirkung der Lichtſtrahlen.

Kurze Zeit nach dem Beſchluſſe, welcher den Herren Daguerre und Niepce eine Nationalbelohnung zuerkannte, wurden in einem kleinen Theile des Publikums meines Erachtens ſehr irrige Anſichten laut, die mir aber doch die Verpflichtung auferlegten, zu zeigen, daß die neue Entdeckung nicht blos aus artiſtiſchem Geſichtspunkt zu betrachten ſei, daß vielmehr die Phyſik ſich die Bereicherung mit ſehr ſchätzbaren Mitteln der Unterſuchung davon verſprechen dürfe. Dies war der Zweck der folgenden in dem Compte rendu der Sitzung vom 19. Auguſt 1839 erſchienenen Note:

„Folgendes iſt eine Anwendung, deren das Daguerreotyp fähig ſein wird, und welche mir des Intereſſes werth ſcheint.

„Die Beobachtung hat gelehrt, daß das Sonnenspectrum kein Continuum ist, daß vielmehr quere Unterbrechungen der Continuität, ganz schwarze Linien darin vorkommen. Gibt es eben solche Unterbrechungen der Continuität in den dunkeln Strahlen, welche bei Erzeugung der Lichtbilder thätig zu sein scheinen?

„Falls es solche gibt, entsprechen sie den schwarzen Linien des leuchtenden Spectrums?

„Da mehrere der schwarzen Querlinien des Spectrums mit bloßem Auge, oder ohne alle Vergrößerung auf der Netzhaut sichtbar sind, so wird die hier gestellte Aufgabe leicht zu lösen sein."

Ich selbst vermochte, im J. 1839, mich dieser sehr leichten Lösung der gestellten Aufgabe durch das Experiment nicht zu unterziehen, da die alte Camera obscura des Observatoriums damals eine andere Bestimmung erhalten hatte, und die neue noch nicht fertig war. Uebrigens darf ich voraussetzen, daß meine Aufforderung nicht fruchtlos gewesen ist. In der That habe ich erfahren, daß der königl. Societät in London am 20. Febr. 1840 eine Abhandlung von Sir John Herschel vorgelegt worden ist, worin sich die Frage in Angriff genommen findet. Hr. Edmund Becquerel unterhielt die Akademie in der Sitzung vom 13. Juni 1842 von demselben Gegenstande. Da Hr. Herschel über keinen Heliostaten zu verfügen hatte, glaubte er, sich nicht positiv über das Vorhandensein der Streifen in dem photographischen Bilde des Spectrums aussprechen zu können. Hr. Edmund Becquerel hingegen projicirte ein stationäres Spectrum auf seine jodirte Platte, und sah nach dem Versuche in der Gegend der Platte, welche das Spectrum einnahm, deutlich Querstreifen, längs denen die chemische Substanz unangegriffen geblieben war oder wenigstens keine bemerkbare Veränderung erfahren hatte. Ueberdieß erkannte er, daß diese Streifen genau den dunkeln Linien des leuchtenden Spectrums entsprechen.

Auf den ersten Blick könnte es scheinen, als ob der eben besprochene Versuch überflüssig gewesen: denn war nicht das erhaltene Resultat nothwendig? Wie sollten sich photographische Wirkungen erwarten lassen, wo das Licht überhaupt fehlte?

Folgendes meine Antwort: es ist keineswegs dargethan, daß die photographischen Veränderungen, welche die empfänglichen Substanzen erfahren, durch das Sonnenlicht selbst bewirkt werden. Sie könnten auch von den dunkeln Strahlen erzeugt werden, welche dem eigentlich sogenannten Lichte beigemischt sind, dasselbe begleiten, mit ihm gebrochen werden. In diesem Falle würde der Versuch nicht allein beweisen, daß das von diesen unsichtbaren Strahlen gebildete Spectrum der Continuität ermangelt, daß es Unterbrechungen derselben wie das sichtbare Spectrum darbietet, sondern auch, daß diese Unterbrechungen sich in beiden einander superponirten Spectren genau entsprechen. Dies aber wäre eins der merkwürdigsten, eins der sonderbarsten Resultate der Physik.

Ziehen wir ein von der Geschwindigkeit des Lichts abhängendes Element mit in Betracht, und die Folgerungen aus der Beobachtung werden nicht minder interessant erscheinen.

Ich zeigte vor vielen Jahren, daß die Strahlen der Gestirne, nach welchen sich die Erde zu bewegt und die Strahlen derer, von welchen sie sich entfernt, genau gleich stark durch Brechung abgelenkt werden.*) Ein solches Resultat läßt sich mit der Emissionstheorie nur mittelst eines wichtigen Zusatzes dazu vereinbaren, dessen Nothwendigkeit sich meinen Gedanken vorlängst dargeboten, und der im Allgemeinen eine gute Aufnahme bei den Physikern gefunden hat. Man muß annehmen, daß die leuchtenden Körper Strahlen von allen Graden der Geschwindigkeit aussenden, und daß blos die Strahlen von einer bestimmten Geschwindigkeit sichtbar sind, daß sie allein im Auge die Empfindung von Licht erzeugen. Nach der Emissionstheorie sind das Roth, Gelb, Grün, Blau, Violett im Sonnenlicht von solchen Strahlen begleitet, die aber wegen zu geringer oder zu großer Geschwindigkeit unsichtbar sind. Einer größeren Geschwindigkeit entspricht eine geringere Brechung, wie eine geringere Geschwindigkeit eine stärkere Brechung mit sich führt. So ist jeder sichtbare rothe Strahl von dunkeln Strahlen gleicher Art begleitet, die zum Theil mehr, zum Theil weniger als derselbe gebrochen werden: so gibt es Strahlen in

*) Man sehe weiterhin die Notiz über die Geschwindigkeit des Lichts.

den ſchwarzen Streifen des rothen Theiles des Spectrums; daſſelbe gilt von den Streifen im gelben, grünen, blauen und violetten Theile. Da der Verſuch gezeigt hat, daß die in den Streifen enthaltenen Strahlen wirkungslos auf die empfänglichen Subſtanzen ſind, ſo iſt damit feſtgeſtellt, daß jede Vermehrung oder Verminderung der Geſchwindigkeit den Lichtſtrahlen die photographiſchen Eigenſchaften entzieht, mit welchen ſie urſprünglich begabt waren; daß die Sonnenſtrahlen in demſelben Augenblicke aufhören, chemiſch zu wirken, wo ſie durch eine Veränderung der Geſchwindigkeit die Fähigkeit verlieren, auf der Netzhaut Lichtempfindungen hervorzurufen. Ich habe nicht nöthig, darauf hinzuweiſen, wie viel Merkwürdiges in einer chemiſchen Wirkungsweiſe der Strahlen läge, welche von der Geſchwindigkeit derſelben abhinge.

An demſelben Montage, wo Hr. Edmund Becquerel der Akademie das Reſultat des Verſuchs mittheilte, den ich zwei Jahre und zehn Monate zuvor vorgeſchlagen hatte, forderte ich öffentlich zu einer Wiederaufnahme deſſelben auf, unter Bedingungen, welche zu einer Aufklärung über die Weiſe, wie die Geſchwindigkeit die chemiſche Wirkung des Lichtes abändert, führen zu müſſen ſchienen. Ich wies darauf hin, daß, da die Sonnenſtrahlen ſich um ſo ſchneller bewegen, je mehr die Brechkraft der Mittel, durch welche ſie hindurchgehen, wächſt, irgend ein nützliches Ergebniß erlangt werden müßte, wenn man vergleichungsweiſe und gleichzeitig die Wirkung des Spectrums auf die jodirte Platte unterſuchte, während ſie mit ihrer Hälfte reſpectiv in ganz ungleichartige Mittel, wie z. B. Luft und Waſſer, getaucht wäre. Hr. Edmund Becquerel ging bereitwillig darauf ein, dieſen Gedanken zur Ausführung zu bringen. Folgendes iſt der Brief, den er mir unter dem Datum des 25. Nov. 1842 ſchrieb:

„Als Sie die Gefälligkeit hatten, im letzten Junimonat der Akademie der Wiſſenſchaften meine Abhandlung über die Conſtitution des Sonnenſpectrums vorzulegen, veranlaßten Sie mich zugleich zu einem Verſuche, der darauf gerichtet war, zu ermitteln, ob nicht, wenn eine für die Wirkung der Sonnenſtrahlen empfängliche Subſtanz in ein anderes Mittel als Luft getaucht wird, die Geſchwindigkeitsänderung der Sonnenſtrahlen beim Uebergange aus der Luft in dieſes Mittel

eine Lagenänderung der Querstreifen des Spectrums der chemischen Strahlen hervorrufe.

„Ich habe mich sofort beeilt, diese Versuche anzustellen, indem ich zuerst Wasser als zweites Mittel anwandte. Meine Reise auf das Land hat mich genöthigt, sie zu unterbrechen. Ich rechnete darauf, sie nach meiner Rückkehr wieder vornehmen zu können, bevor ich ihr Resultat veröffentlichte, aber die schlechte Witterungsbeschaffenheit hat mir noch nicht gestattet, meinem Vorhaben Folge zu geben; doch habe ich die Ehre, Ihnen das Resultat zweier von mir angestellter Versuche nebst der Beschreibung des Verfahrens, das ich befolgte, mitzutheilen.

„Ich bediente mich einer kleinen Wasserwanne aus Krystallglas mit recht ebenen Rändern, und einer nach Herrn Daguerre's Verfahren zubereiteten Platte, welche sich vertical in der Wanne aufstellen läßt, so daß ihre Oberfläche der Vorderfläche der Wanne parallel ist. Der Abstand zwischen der jodirten Platte und dieser Fläche betrug bei beiden Versuchen 1 Centimeter. Man läßt nun in eine dunkle Kammer ein Bündel Sonnenstrahlen durch einen in dem Laden angebrachten engen Spalt ein; man bricht diese Strahlen durch ein recht reines Flintglasprisma, vor welchem sich eine Linse mit großer Brennweite findet, so daß ein Sonnenspectrum mit allen seinen Streifen durch Projection entsteht. Hiernach stellt man im Wege des gebrochenen Strahls die Wasserwanne auf, so daß sich das Spectrum mit allen seinen Streifen recht horizontal auf der jodirten Platte darstellt, und daß die violetten Strahlen senkrecht auf die Vorderfläche der Wanne eintreten. Vor Beginn des Versuchs verfehlt man nicht, Wasser in diese Wanne bis zu einer solchen Höhe zu gießen, daß sein Niveau das Bild des Spectrums der Länge nach in zwei gleiche Theile schneidet.

„Wenn man nach einer Wirkung von 1 bis 2 Minuten die Platte wegnimmt und dem Queckſilberdampfe aussetzt, so sieht man das Bild des Spectrums von der Grenze des Grün und Blau bis weit jenseits des äußersten Violett darauf sichtbar werden, und, wie ich in der Abhandlung angeführt, stimmen alle Streifen des Bildes mit denen des Lichtspectrums für die Theile gleicher Brechbarkeit überein. Es ist kein recht merklicher Unterschied zwischen dem Bilde des Spectrums auf dem Theile der Platte, welcher in der Luft geblieben ist,

und dem, welcher im Waſſer war, ſichtbar; die Streifen dieſer beiden Theile des Spectrums ſcheinen ſich ganz gut als Verlängerungen von einander faſſen zu laſſen, mit Ausnahme jedoch der äußerſten Theile des chemiſchen Spectrums, rechts und links, wo ſich die Streifen des im Waſſer erzeugten Bildes ein wenig zuſammendrängen. Dies ſcheint mir der Brechung der ſchiefen Strahlen zugeſchrieben werden zu müſſen.

„Dieſe beiden Verſuche deuten darauf hin, daß die Beſchaffenheit des Mittels, in welches die für die Wirkung der Sonnenſtrahlen empfängliche Subſtanz getaucht iſt, keinen abändernden Einfluß auf dieſe Wirkung ausübt; ſo daß der Abdruck des Sonnenſpectrums auf dieſer Subſtanz immer dieſelben Streifen an denſelben Stellen darbietet.

„Wenn es die Witterung geſtatten wird, denke ich dieſe Verſuche wieder vorzunehmen und abzuändern, um wo möglich noch entſchiedenere Reſultate zu erzielen.“

Hiernach alſo verhalten ſich die Sonnenſtrahlen in Luft und Waſſer ganz gleich. Nach dem Emiſſionsſyſteme aber bewegt ſich das Licht in der Luft viel langſamer als im Waſſer. Die Geſchwindigkeit iſt alſo hier einflußlos, eine Folgerung, die für den erſten Anblick in offenbarem Widerſpruche mit derjenigen erſcheint, die wir aus dem erſten Verſuche zogen. Doch ſind beide Reſultate nicht unvereinbar. Eine neue Hypotheſe kann meines Erachtens dienen, den Widerſpruch zu heben. Uebrigens mag Jeder ſelbſt urtheilen.

Die Geſchwindigkeit, mit welcher ein Lichtſtrahl durch einen gegebenen Körper hindurchgeht, hängt ausſchließlich von der brechenden Kraft dieſes Körpers und der Ausſtrahlungsgeſchwindigkeit des Strahls, der Geſchwindigkeit, die er im leeren Raume hatte, ab. Der Strahl, der durch das Waſſer zur Oberfläche der Jodſchicht gelangt, beſitzt an dem Punkte, wo er dieſe Oberfläche trifft, eine größere Geſchwindigkeit als die, welche der durch die Luft gegangene Strahl an demſelben Punkte beſitzt; im Innern der Schicht ſelbſt aber bei hinreichender Tiefe haben beide Strahlen genau dieſelben Geſchwindigkeiten. Laſſen wir die photographiſchen Erſcheinungen nicht von einer an der Oberfläche, ſondern von einer im Innern der Schicht ſich äußernden Wirkung abhängen, ſo verſchwindet alle Schwierigkeit. Nur ſind wir, merkwürdig genug, gezwungen, hiermit eine weſentliche Unterſcheidung zwiſchen

dem Innern und der Oberfläche einer Schicht, deren Dicke eine unglaubliche Kleinheit hat, aufzuſtellen.

Faßt man ſolchergeſtalt die photographiſchen Erſcheinungen als Beiſpiele von Molecülarwirkungen, auf welche genaue Schätzungen anwendbar ſind, ſo muß Jedermann das Intereſſe einleuchten, das ſich an die Hinzufügung von Zahlenbeſtimmungen zu der vorigen allgemeinen Darſtellung der Thatſachen knüpfen würde. Hierzu wird man gelangen können, indem man zuvörderſt die Verſuche vervollſtändigt, mittelſt deren zuerſt Herr Dumas die Dicke der Jodſchicht, auf welcher die Daguerre'ſchen Bilder entſtehen, beſtimmte, nämlich durch vergleichende Wägungen einer großen verſilberten Platte vor und nach der Jodirung. Dann wird man in die Beobachtung der relativen Lagen der auf der empfindlichen Subſtanz gebildeten dunklen Streifen die größtmögliche Genauigkeit zu bringen ſuchen, indem man ſelbſt nöthigenfalls das Mikroſkop dabei zuzieht; endlich wird man, anſtatt mit einem plötzlichen Sprunge von der Luft zum Waſſer überzugehen, die relativen Lagen der Streifen in zwei Mitteln zu vergleichen haben, welche nur wenig in Dichtigkeit und Brechkraft abweichen. Für jetzt gehen unter Vorausſetzung des Emiſſionsſyſtems nachſtehende Folgerungen mit Strenge aus der vorſtehenden Erörterung hervor:

Wenn die photographiſchen Wirkungen des Sonnenlichtes ausſchließlich von der Wirkung der mit den ſichtbaren Strahlen gemiſchten dunklen Strahlen abhängen, welche die ſichtbaren begleiten und Geſchwindigkeiten gleicher Ordnung haben, ſo treffen die Continuitätsunterbrechungen in den aufeinander fallenden Spectren dieſer beiden Arten von Strahlen genau an dieſelben Stellen.

Wenn die photographiſchen Wirkungen ganz oder theilweis von den ſichtbaren Strahlen abhängen, ſo haftet dieſe Eigenſchaft ſo feſt an der Geſchwindigkeit, welche dieſelbe beſitzen, daß ſie ebenſo durch Vermehrung als Verminderung dieſer Geſchwindigkeit verloren geht.

Mögen die photographiſchen Wirkungen des Sonnenlichts von den ſichtbaren oder unſichtbaren Strahlen abhängen, ſo können ſie keiner, an der Oberfläche der empfindlichen Subſtanz geäußerten Wirkung

beigemeſſen werden, ſondern der Herd dieſer Art Wirkungen iſt im Innern der Materie zu ſuchen.

Vorſtehende Schlüſſe werden eine Erweiterung geſtatten, wenn man die kleinſte Dicke der Jodſchicht kennen wird, in welcher die Daguerre'ſchen Erſcheinungen entſtehen können; wenn es möglich ſein wird, dieſe Dicke mit der Länge der Anwandlungen oder der der Lichtwellen zu vergleichen.

Ueber die Geſchwindigkeit des Lichtes.

Nach meiner Rückkehr von Afrika im Jahre 1809 beſchäftigte ich mich, noch ſehr jung (ich ſtand damals im Alter von dreiundzwanzig Jahren), mit verſchiedenen Verſuchen über den Einfluß der Lichtgeſchwindigkeit auf die Refraction. Das Reſultat meiner Arbeit wurde am 10. December 1810 der erſten Klaſſe des Inſtituts mitgetheilt, und erregte, obwohl es ſehr verſchieden von dem, was ich erwartet, ausgefallen war, das Intereſſe einiger Mitglieder. Laplace erwies mir die Ehre, meine Arbeit in einer der Auflagen ſeiner Exposition du système du monde zu erwähnen; auch unſer gefeierter Veteran Biot führte dieſelbe in der zweiten Ausgabe ſeines Traité élémentaire d'astronomie physique an. Ich glaubte daher von einer Veröffentlichung meiner Abhandlung abſehen zu können.

Da ſeit jener Zeit die erwähnte Arbeit der Ausgangspunkt für experimentelle und theoretiſche Unterſuchungen über den Zuſtand und die Vertheilung des Aethers in den feſten Körpern geworden iſt, welche in verſchiedenen Ländern angeſtellt oder vorgeſchlagen worden ſind, ſo hat man mich zu wiederholten Malen zu ihrer Veröffentlichung aufgefordert. Dieſem Wunſche konnte ich nicht willfahren, da ich meine Abhandlung verlegt hatte, und erſt ſeit wenigen Tagen hat ſich bei Gelegenheit einer nach den Materien vorgenommenen Ordnung meiner Papiere das Originalmanuſcript von 1810 wiedergefunden. In Erinnerung an den von den Phyſikern ausgeſprochenen Wunſch habe ich die Akademie um die Erlaubniß gebeten, meine Abhandlung im Sitzungsberichte vom 10. Januar 1853 abdrucken laſſen zu dür-

fen, obgleich ſie bereits zweiundvierzig Jahre alt iſt. Trotz aller ihrer Unvollkommenheiten laſſe ich dieſelbe hier folgen, ohne ein einziges Wort daran zu verändern.

Die Beſtimmung der ungeheuren Geſchwindigkeit, mit welcher ſich das Licht im Raume bewegt, iſt ohne Widerſpruch unter die ſchönſten Ergebniſſe der neueren Aſtronomie zu rechnen. Die Alten hielten dieſe Geſchwindigkeit für unendlich groß, und ihre Auffaſſung war in dieſem Punkte nicht, wie in ſo vielen anderen phyſikaliſchen Fragen, eine reine Speculation ohne Rückſicht auf die Erfahrung; denn Ariſtoteles beruft ſich zur Unterſtützung des ausgeſprochenen Satzes auf die augenblickliche Fortpflanzung des Tageslichts. Dieſe Meinung bekämpfte ſpäter Alhazen in ſeiner Optik, aber blos mit Hülfe metaphyſiſcher Schlüſſe, denen wiederum Alhazen's Commentator, Porta, welcher die von ihm ſogenannte Immaterialität des Lichtes verfocht, ſehr ſchlechte Argumente entgegenſetzte. Unter den Neueren ſcheint Galilei der erſte zu ſein, welcher die Geſchwindigkeit des Lichtes durch Verſuche zu beſtimmen unternahm. Im erſten ſeiner Discorsi intorno a due nuove Scienze läßt er einen der drei Sprecher, unter dem Namen Salviati, die ſehr ſcharfſinnigen Experimente anführen, welche er angewandt hatte und zur Löſung der Aufgabe für geeignet hielt. Zwei Beobachter ſtellten ſich mit zwei Lichtern verſehen in ungefähr einer Miglie (1650 Meter) Entfernung von einander auf, und ſobald der erſte in einem beliebigen Augenblicke ſein Licht verlöſchte, ſollte der zweite das ſeinige in demſelben Momente verdecken, wo er das andere nicht mehr ſah. Da aber der erſte Beobachter das Licht ſeines Gehülfen in demſelben Augenblicke verſchwinden ſah, in welchem er das ſeinige verdeckte, ſo zog Galilei hieraus den Schluß, daß das Licht eine unendlich geringe Zeit brauche, um die doppelte Entfernung der beiden Beobachter zurückzulegen. Aehnliche Experimente ſtellten für dreimal größere Entfernungen die Mitglieder der Accademia del Cimento an, und zwar mit demſelben Erfolge.

Auf den erſten Blick erſcheinen dieſe Verſuche recht kleinlich, wenn

man die Größe ihres Gegenstandes berücksichtigt; doch beurtheilt man sie minder streng, wenn man sich erinnert, daß ungefähr um die nämliche Zeit Männer von so allgemein anerkanntem Verdienste wie Lord Bacon der Meinung waren, daß die Geschwindigkeit des Lichtes gleich dem Schalle durch die Stärke und die Richtung des Windes merklich verändert werden könnte.

Descartes, dessen Vorstellungen von der Natur des Lichtes viel Aehnlichkeit mit dem sogenannten Undulationssysteme besitzen, glaubte an die augenblickliche Fortpflanzung des Lichts auf jede Entfernung hin; auch stützt er seine Meinung auf einen aus der Beobachtung der Mondfinsternisse gezogenen Schluß. Man muß in der That einräumen, daß wenn seine sehr geistreiche Argumentation auch nicht die unendliche Geschwindigkeit des Lichtes beweist, daraus wenigstens hervorgeht, daß dieselbe beträchtlicher ist als alle Geschwindigkeiten, welche man durch directe nach der Weise Galilei's auf der Erde angestellte Experimente zu bestimmen sich schmeicheln konnte.

Die häufigen Verfinsterungen des ersten Jupiterstrabanten, dessen Auffindung der Entdeckung des Fernrohrs auf dem Fuße folgte, lieferte Römer den ersten Beweis für die successive Fortpflanzung des Lichtes. Die noch sehr unvollkommene Kenntniß von den Bewegungen der übrigen Satelliten, verbunden mit der Schwierigkeit, ihre Verfinsterungen genau zu beobachten, sowie einige unbekannte Störungsungleichheiten, welche sich mit der von der Bewegung des Lichtes abhängenden Ungleichheit combinirten, die Wirkung der letzteren verdeckten, sie weniger deutlich hervortreten ließen und dadurch folglich ihre Erkennung hinderten, hatten zur Folge, daß die Entdeckung Römer's einige Zeit hindurch nicht zur Geltung kam. Dieselbe fand vielmehr erst dann allgemeine Aufnahme, als Bradley nachgewiesen hatte, daß die jährliche Bewegung der Aberration, welcher alle Sterne unterworfen sind, von der vereinten Wirkung der Lichtbewegung und der Ortsveränderung des Beobachters abhängt. Die aus dieser letzteren Erscheinung abgeleitete Geschwindigkeit des Lichtes war von der aus den Verfinsterungen des ersten Jupiterstrabanten geschlossenen etwas verschieden; allein die große Vollkommenheit, welche durch die Arbeiten von Laplace die Tafeln erhal-

ten haben, hat eine Reviſion der früheren Rechnungen geſtattet, dergeſtalt, daß die von Delambre aus der Discuſſion einer ſehr großen Zahl von Trabantenverfinſterungen abgeleitete Aberrationsconſtante mit der von Bradley aus ſeinen Beobachtungen gefundenen vollkommen übereinſtimmt.

Als erſte Folgerung, die ſich aus dieſer merkwürdigen Uebereinſtimmung ziehen läßt, ergibt ſich, daß das Licht ſich in dem ganzen Raume, den die Erdbahn einnimmt, gleichförmig oder wenigſtens ohne merkliche Aenderung fortpflanzt. Die Excentricität der Jupitersbahn geſtattet, dies Reſultat auf die ungeheure von ihr umſchloſſene Fläche auszudehnen. Es liegt ferner die Annahme nahe, daß die Sterne verſchiedener Größen ungleichweit entfernt ſind; und da ihre aus den directen Beobachtungen abgeleiteten abſoluten Aberrationen nahe zu gleich ſind, ſo hatte Bradley daraus geſchloſſen, daß die Bewegung des Lichtes in allen Entfernungen gleichförmig iſt, und die Aberration ſämmtlicher Himmelskörper mit derſelben Conſtante berechnet werden kann. Einige Aſtronomen hatten indeß dies Reſultat nicht angenommen; ſie ſtellten die Vermuthung auf, daß die Sterne verſchiedener Größenklaſſen die Strahlen mit verſchiedenen Geſchwindigkeiten ausſenden könnten, und es läßt ſich nicht leugnen, daß beſonders im Sinne der Emiſſionstheorie eine ſolche Idee naturgemäß und wahrſcheinlich war. Die directe Beobachtung der Aberration war wenig geeignet, dieſe Frage in entſcheidender Weiſe zu löſen, weil eine Differenz in der Geſchwindigkeit des Lichtes, welche $^1/_{20}$ der geſammten Geſchwindigkeit gleichkommt, in der Aberration nur eine Aenderung von 1″ hervorbringen kann; eine Genauigkeit, die zu überſchreiten man ſelbſt bei Anwendung der beſten Fernröhre nicht hoffen darf. Erinnert man ſich aber, daß die Ablenkung, welche die Lichtſtrahlen beim ſchiefen Eindringen in durchſichtige Körper erleiden, eine beſtimmte Function ihrer anfänglichen Geſchwindigkeit iſt, ſo wird man erkennen, daß die Beobachtung der totalen Abweichung, welche die Strahlen beim Durchgange durch ein Prisma erleiden, eine brauchbare Meſſung ihrer Geſchwindigkeit geſtattet. Dieſe Methode iſt überdieß ſehr geeignet, geringe Ungleichheiten wahrnehmbar zu machen; denn ein Unterſchied in der Geſchwindigkeit von $^1/_{20}$ erzeugt, wie ſich

leicht darthun läßt, in den Abweichungen einen Unterſchied von 2″, ſelbſt unter der Vorausſetzung, daß man nur ein Prisma anwendet, deſſen Winkel nicht größer als 45′ iſt. Dies iſt auch der Gang, den ich bei den Verſuchen, deren Reſultate ich vor länger als vier Jahren die Ehre hatte der Klaſſe mitzutheilen, eingeſchlagen habe; die von verſchiedenen Sternen, von der Sonne, dem Monde, den Planeten und den irdiſchen Lichtquellen ausgehenden Strahlen hatten dieſelbe Ablenkung gezeigt; die größten Abweichungen beliefen ſich auf 5″, und dieſe Zahl, welche die Summe der Beobachtungs- und Declinationsfehler darſtellt, entſpricht nur einer Aenderung von $^1/_{480}$ in der Geſchwindigkeit und von $^1/_{24}$ Secunde in der Aberration. Aus dieſen Reſultaten hatte ich den Schluß gezogen, daß das Licht ſich mit conſtanter Geſchwindigkeit bewege, von welchen Körpern es auch ausſtrahlen möge, oder daß, wenn irgend welche Unterſchiede exiſtiren, dieſelben wenigſtens in keiner Weiſe die Genauigkeit der aſtronomiſchen Beobachtungen zu ſtören vermögen.

Seit der Zeit, wo ich meine Abhandlung geleſen, hat Calandrelli in den zu Rom gedruckten Opuscoli astronomici einige Verſuche veröffentlicht, welche nach dieſer Methode ausgeführt waren und ihn zu denſelben Schlußfolgerungen geführt haben, mit Ausnahme des Sonnenlichts, dem er eine eigenthümliche Refraction zuſchreibt. Ich habe mich aber überzeugt, daß dies letzte Reſultat, deſſen Richtigkeit man nicht anerkennen kann, daher rührt, daß der römiſche Aſtronom bei der Beobachtung der Fixſterne nach der Mitte des gelben Lichtes viſirte; während er dagegen bei der Sonne, wo er gezwungen war, den Rand zu beobachten, auf eine der Endfarben des Spectrums einſtellte. Uebrigens dürfte, um unabhängig von dieſen Betrachtungen das von mir erhaltene Reſultat zu rechtfertigen, die Bemerkung genügen, daß Calandrelli, eben ſo wie ich, gefunden hat, daß die Flecken des Mondes, welche wir nur durch reflectirtes Licht wahrnehmen, genau um dieſelbe Größe abgelenkt werden, wie die Fixſterne.

Im Uebrigen ſieht man, daß die Zuverläſſigkeit der Schlußfolgerungen, welche man in Bezug auf die Geſchwindigkeit des Lichtes aus den mittelſt Prismen ausgeführten Beobachtungen zieht, auf der Sicherheit der Annahme beruht, daß eine Ungleichheit in der Ge-

ſchwindigkeit eine Ungleichheit in der Ablenkung erzeugt, was unmittelbar aus der von Newton gegebenen Erklärung der Brechung folgt. Die angeführten Verſuche hatten es mir nicht unwahrſcheinlich gemacht, daß dies Prinzip ſich werde beweiſen laſſen; indeß die auf die Gradmeſſung bezüglichen Arbeiten zwangen mich, dieſe Unterſuchung aufzugeben, die ich erſt nach meiner Rückkehr wieder aufnehmen konnte und deren Reſultate ich heute der Claſſe mittheilen will.

Meine Verſuche waren kaum vollendet, als das Leſen einer der ſchönen Abhandlungen, welche Dr. Young in den Philosophical Transactions veröffentlicht hat, mich davon in Kenntniß ſetzte, daß Robiſon, Profeſſor der Phyſik in Edinburg, die Frage nach der Geſchwindigkeit des Lichtes von theoretiſcher Seite betrachtet hatte. Ich fand ſeitdem in verſchiedenen Werken, daß ſie von Boscowich, Michell, Wilſon und Blair aus verſchiedenen Geſichtspunkten unterſucht worden war.

Bevor ich von meinen Beobachtungen rede, halte ich es für meine Pflicht, die Vorſchläge anzuführen, welche die ſo eben genannten Phyſiker in dieſer Beziehung veröffentlicht hatten.

Die Idee, durch directe Verſuche ſich von der Zunahme der Geſchwindigkeit der Lichtſtrahlen bei ihrem Uebergange aus einem dünnern Mittel in ein dichteres zu überzeugen, mußte naturgemäß ſich vielen Phyſikern darbieten; doch iſt meines Wiſſens Boscowich der erſte, welcher in dieſer Beziehung einen ausführlichen Entwurf zu Verſuchen veröffentlicht hat. Dieſer Phyſiker hatte geglaubt, daß man bei Beobachtung der Fixſterne durch ein mit Waſſer gefülltes Fernrohr infolge der Zunahme an Geſchwindigkeit, welche die Strahlen beim Eindringen in dieſe Flüſſigkeit erhalten, eine andere Aberration würde finden müſſen, als bei einer Beobachtung, wo der Raum vom Oculare bis zum Objective blos mit Luft gefüllt iſt. Eben dieſer Umſtand ſollte ſehr merkliche Aenderungen in der Lage der irdiſchen Objecte hervorbringen, die auf dieſe Weiſe einer täglichen Aberration unterworfen geweſen wären. Er fand z. B., daß eine im Süden gelegene Mire im Winterſolſtitium in 24 Stunden einen Kreis von 5″ Radius beſchreiben würde, deſſen Centrum der mittleren Lage des Objects entſpräche. Indeß iſt Boscowich's Schlußfolgerung darin mangelhaft,

daß er vergessen hat, die Brechung und folglich auch die Richtungsänderung in Rechnung zu ziehen, welche die Strahlen beim Uebergange aus Glas in Flüssigkeit in einer auf die Trennungsfläche schiefen Richtung erleiden müsse. Auch kam Wilson, Professor der Astronomie in Glasgow, der in den Philosophical Transactions von 1783 eine Abhandlung veröffentlicht hat, worin er gleichfalls das mit Wasser gefüllte Fernrohr als ein Mittel vorschlägt, um sich von der Richtigkeit der Newton'schen Theorie zu überzeugen, zu gerade entgegengesetzten Resultaten als Boscowich; denn er zeigte, daß die Aberration in einem solchen Fernrohre derjenigen, welche man mit einem gewöhnlichen Fernrohre findet, nur in dem Falle gleich sein würde, wo die Geschwindigkeiten der Strahlen in den dünnen und durchsichtigen Mitteln in dem von Newton angegebenem Verhältnisse ständen. Man muß übrigens bemerken, daß die Nothwendigkeit, denjenigen Instrumenten, welche zur Entdeckung kleiner Größen bestimmt sind, starke Vergrößerungen zu geben, das von Boscowich vorgeschlagene Fernrohr unbrauchbar machen dürfte, weil das Licht eines Sternes, nachdem es eine flüssige Schicht von 3 bis 4 Fuß Dicke durchlaufen hat, wenn nicht gänzlich ausgelöscht, so doch wenigstens beträchtlich geschwächt sein würde.

Die Schwierigkeit, welche in der Beziehung, die uns jetzt beschäftigt, die Bestätigung der Newton'schen Theorie darbietet, entspringt aus dem Prinzipe, welches eine nothwendige Folgerung daraus ist, daß nämlich die Geschwindigkeit des Lichtes in irgend einem durchsichtigen Mittel dieselbe sein muß, welches auch die Beschaffenheit und die Anzahl der Mittel sein möge, die es vorher durchlaufen hat. Man hat indeß zu beachten, daß wenn die brechenden Körper in Bewegung sind, die Brechung, welche ein Strahl erleidet, nicht mehr mit seiner absoluten Geschwindigkeit berechnet werden darf, sondern vielmehr mit dieser Geschwindigkeit vermehrt oder vermindert um die Geschwindigkeit des Körpers, d. h. mit der relativen Geschwindigkeit des Strahls. Da die Bewegungen, welche wir auf der Erde den Körpern ertheilen können, viel zu gering sind, um auf die Brechung des Lichtes einen merklichen Einfluß auszuüben, so muß man in den bedeutend schnelleren Bewegungen der Planeten geeignetere Umstände, um diese Ungleich-

heiten in der Brechung ſichtbar zu machen, aufſuchen. Wilſon, den ich ſchon angeführt habe, hatte vorgeſchlagen, derartige Beobachtungen zur Erforſchung der Translationsbewegung des Sonnenſyſtems anzuwenden; Dr. Blair, dem man eine ſehr intereſſante Arbeit über die Disperſion der Flüſſigkeiten verdankt, glaubte, daß die Beobachtung die Ungleichheit in den Geſchwindigkeiten, mit welchen die von den beiden Rändern des Jupiter zu uns gelangenden Lichtſtrahlen infolge der Rotationsbewegung dieſes Planeten um ſich ſelbſt reflectirt werden, wahrnehmbar machen müſſe, und Robiſon weiſt in einer beſonderen Abhandlung, worin er dieſe Frage von der Geſchwindigkeit des Lichtes ausführlich unterſucht, gleichfalls auf die Beobachtungen der beiden Ränder des Saturnringes hin.

Dies waren die Mittel, welche jene ausgezeichneten Gelehrten zur Löſung eines Problems vorgeſchlagen hatten, das in gleichem Maaße den Phyſiker wie den Aſtronomen intereſſirt. Es folgt außerdem aus dem ſo eben gegebenen hiſtoriſchen Ueberblicke, daß ſie mehr beſtrebt geweſen waren, den Weg vorzuzeichnen, welchen man, um zu einem entſcheidenden Reſultate zu gelangen, einſchlagen müßte, als Beobachtungen zu unternehmen, deren große Schwierigkeit ſie ohne Zweifel vorausſahen. Ich habe geglaubt, es dürfe zweckmäßig ſein, die Mittel, welche der jetzige Zuſtand unſerer Kenntniſſe und die große Genauigkeit unſerer Inſtrumente darbieten, auf die Prüfung einer Frage anzuwenden, deren Reſultat einige Data über die wahre Natur des Lichtes darbieten zu müſſen ſchien.

Bei meinen Verſuchen habe ich mich bemüht, die Unterſchiede merklich zu machen, welche aus der fortſchreitenden Bewegung der Erde in ihrer Bahn hervorgehen müſſen, weil die Translationsbewegung unſeres Sonnenſyſtemes bei ihrer Combination mit jener Bewegung hinreichend große Ungleichheiten hervorrufen konnte. Es iſt überdies natürlich, anzunehmen, daß ebenſo wie es am Himmel Sterne von verſchiedenem Glanze gibt, auch Sterne von verſchiedener Größe exiſtiren; und dieſer Umſtand muß, wie meines Wiſſens zuerſt Michell gezeigt hat, ſehr merkliche Unterſchiede in der Geſchwindigkeit der Strahlen erzeugen, die von dieſen verſchiedenen Körpern ausgehen. Dieſe Art von Beobachtungen geſtattete mir außerdem mit einem Fernrohre von kurzer Brennweite zu

beobachten, während man unbedingt eine starke Vergrößerung anwenden müßte, um die Ungleichheiten der Planetendurchmesser zu erkennen. Letztere Methode würde ferner erfordern, daß die Prismen sehr vollkommen wären, weil die Mängel des Achromatismus in directem Verhältnisse zu der Vergrößerung stehen. Einige Versuche, die ich bereits mittelst des vortrefflichen Rochon'schen Prismenfernrohrs angestellt, haben mir indeß Hoffnung zum Gelingen gemacht. Einstweilen will ich der Klasse die Resultate der ersten Methode mittheilen, die mir übrigens in allen Beziehungen den Vorzug zu verdienen scheint.

Wenn man durch ein Prisma ein Object betrachtet, so müssen die Ungleichheiten in der Ablenkung, zu denen Aenderungen in der Geschwindigkeit der Lichtstrahlen Veranlassung geben können, um so beträchtlicher ausfallen, je größer der Winkel des Prismas selbst ist. Wendet man aber einfache oder aus einer einzigen Substanz gebildete Prismen an, so gibt es in dieser Beziehung eine Grenze, die man nicht überschreiten darf; denn wenn auch der Winkel des Prismas nur wenig über 4 bis 5 Grad hinausgeht, so erscheinen doch die Ränder des Spectrums verwaschen, und da der Uebergang einer prismatischen Farbe in die benachbarte in unmerklicher Abstufung erfolgt, so wird man keine Sicherheit haben können, bei jeder Beobachtung auf entsprechende Stellen des Spectrums einzustellen. Die achromatischen Prismen, deren Winkel man beliebig vergrößern kann, erfüllten den beabsichtigten Zweck viel besser.

Das bei meinen ersten Versuchen angewandte Prisma bestand aus einem Crownglas- und einem Flintglasprisma, die in entgegengesetzter Stellung mit einander verbunden waren; die Differenz ihrer Winkel oder der Winkel des Gesammtprismas betrug nahe 24°.

Um so viel als möglich die partiellen Reflexionen, welche das Licht an der Trennungsfläche von Mitteln mit sehr verschiedenen Dichtigkeiten stets erleidet, zu verringern, hatte ich meine beiden Prismen mit dem Mastix, dessen sich die Optiker bedienen, um die Fehler in der Politur der innern Oberflächen der Objective zu vermindern, zusammenkitten lassen. Das Prisma war unverrückbar in einer Büchse angebracht, deren seitliche Zapfen sich in Lagern drehten, so daß man der äußern Fläche diejenige Neigung zu geben vermochte, welche das

Bild am schärfsten machte. Um sicher zu sein, in der Ebene des brechenden Winkels zu beobachten, war es durch einen Mechanismus, dessen Beschreibung zu lang sein würde, möglich gemacht worden, auch eine seitliche Bewegung hervorzubringen. Ich beschränke mich darauf anzuführen, daß der ganze Apparat mittelst starker Schrauben an den äußern Deckel des Fernrohres am Mauerkreise befestigt werden konnte.

Mit dieser Vorrichtung maß ich in derselben Nacht zu verschiedenen Zeiten die Zenithdistanzen zahlreicher Sterne; die Vergleichung dieser Distanzen mit denen, welche durch die Luft beobachtet sein würden, geben die Größe an, um welche das Prisma die Lichtstrahlen aus ihrer Richtung ablenkte. Auf diese Weise wurden die folgenden Tabellen erhalten:

Am 19. März 1810 (Mauerkreis).

Namen der Sterne.	Ablenkungen.
Rigel	10° 4′ 24,16″
α im Orion	25, 5
Castor	24, 6
Procyon	24, 9
Pollux	29, 3
α in der Wasserschlange	22, 6
Regulus	25, 2
Spica in der Jungfrau	21, 4
α in der Krone	22, 8
α in der Schlange	22, 3
Antares	22, 5
ζ im Schlangenträger	24, 0

Am 27. März 1810 (Mauerkreis.)

α im Orion	10° 4′ 33,28″
Castor	27,93
Procyon	32,31
Pollux	32,78
α in der Wasserschlange	28,32
β im Löwen	30,21
Spica in der Jungfrau	26,29
Arktur	28,05
α in der Krone	31,39

Namen der Sterne.	Ablenkungen.
Antares	10° 4′ 28,19″
ζ im Schlangenträger	29,64
γ in der Jungfrau	27,80
δ in der Jungfrau	27,34
ε in der Jungfrau	31,42
δ im Löwen	34,02

Später kittete ich zwei achromatische Prismen, welche dem zu meinen ersten Versuchen benutzten ähnlich waren, zusammen. Um mich indeß bei den neueren Versuchen von der Kenntniß der Declination der Sterne und des Collimationsfehlers, der in meinen Instrumenten mit der Höhe des Fernrohrs und der Refraction veränderlich sein konnte, unabhängig zu machen, wandte ich bei der Beobachtung eine von der frühern verschiedene Methode an.

Das so eben erwähnte neue Prisma wurde an dem Fernrohre eines Repetitionskreises befestigt, jedoch dergestalt, daß die Hälfte des Objectivs frei blieb. Bei dieser Einrichtung konnte ich bald durch die Luft, bald durch das Prisma beobachten. Der wegen der Bewegung der Sterne in der Zeit zwischen beiden Beobachtungen corrigirte Unterschied der beiden Höhen, gab mir dann die Ablenkung, ohne daß es nöthig war, den absoluten Ort des beobachteten Gestirnes genau zu kennen. Indem ich diese Beobachtungen einige Minuten vor dem Durchgange des Gestirns durch den Meridian begann, konnte ich sie hinreichend oft wiederholen, um gleichzeitig die Fehler der Einstellung und der Theilung zu vermindern. Durch dieses Verfahren habe ich die folgende Tabelle erhalten:

Am Repetitionskreise, 8. Oktober 1810.

Namen der Sterne.	Ablenkungen.
α im Adler	22° 25′ 9″
ein Flecken des Mondes	22 25 9
α im Wassermann	22 25 2
α im Walfisch	22 25 3
Aldebaran	22 25 0
Rigel	22 24 59
α im Orion	22 25 2
Sirius	22 25 8

Ich will jetzt zu den Folgerungen übergehen, welche sich aus allen diesen Zahlen ergeben.

Man sieht zunächst, daß die Ungleichheiten in der Ablenkung im Allgemeinen sehr klein und von der Ordnung derjenigen sind, welche die ohne Prisma gemachten Beobachtungen darbieten. Man kann sie folglich den Beobachtungsfehlern zuschreiben; wir wollen sie aber für den Augenblick als wirklich vorhanden annehmen und zusehen, welchen Ungleichheiten in der Geschwindigkeit sie entsprechen.

Zu diesem Ende nehme ich die analytische Formel, welche die Ablenkung der Lichtstrahlen als Function der Winkel der Prismen und ihrer brechenden Kräfte ausdrückt, differenzire sie in Bezug auf die Geschwindigkeit des Lichtes, die sich in dem Ausdrucke für das Verhältniß des Sinus des Einfallswinkels und des Sinus des Brechungswinkels findet, und erhalte so die Aenderung der Ablenkung als Function einer Aenderung der Geschwindigkeit. Durch diese Rechnung, deren Detail ich nicht vorlesen kann, findet man, daß eine Abänderung um $\frac{1}{10186}$ in der Geschwindigkeit des Lichtes in meinem ersten Prisma eine Aenderung von 6″ in der Ablenkung hervorbringen müßte. Diese Ablenkung würde auf fast 14″ in dem aus vier Theilen zusammengesetzten achromatischen Prisma, das ich vor das Fernrohr des Repetitionskreises angebracht hatte, steigen. Dies waren also die Ungleichheiten in der Ablenkung, die sich hätten ergeben müssen, wenn die Geschwindigkeit der von den verschiedenen durch mich beobachteten Sternen ausgesandten Strahlen unter einander um $\frac{1}{10000}$ differirt hätten. Nun ist die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn grade dieser Zahl gleich; man weiß außerdem, daß die Richtung ihrer Bewegung durch die Sterne geht, welche um 6 Uhr Morgens und um 6 Uhr Abends den Meridian passiren, jedoch dergestalt, daß sie sich den ersteren nähert und dagegen von letzteren entfernt. Die Ablenkung muß im ersten Falle also einer Vermehrung der Geschwindigkeit um $\frac{1}{10000}$, und im zweiten einer Verminderung derselben Geschwindigkeit um $\frac{1}{10000}$ entsprechen, so daß die Strahlen eines

Sternes, welcher Morgens 6 Uhr durch den Meridian geht, weniger ſtark abgelenkt werden müſſen, als die von einem Sterne ausgeſandten, welcher um 6 Uhr Abends denſelben paſſirt und zwar um eine Größe, wie ſie eine Aenderung von $\frac{1}{5000}$ in der Geſchwindigkeit hervorbringt, d. h. um 12 Secunden bei den Beobachtungen am Mauerkreiſe und um 28 Secunden bei den Beobachtungen am Repetitionskreiſe. Die Ablenkungen derjenigen Sterne, welche um Mitternacht durch den Meridian gehen, würden zwiſchen den beiden vorher genannten in der Mitte liegen müſſen.

Bei aufmerkſamer Durchſicht der vorhergehenden Tabellen findet man nun, daß die Strahlen aller Sterne dieſelben Ablenkungen erleiden, ohne daß die geringen Unterſchiede, die man darin wahrnimmt, irgend ein Geſetz befolgen.

Dies Reſultat ſcheint beim erſten Blick in offenbarem Widerſpruche mit der Newton'ſchen Theorie der Brechung zu ſtehen, weil eine wirkliche Ungleichheit in der Geſchwindigkeit der Strahlen keine Ungleichheit in den erlittenen Ablenkungen hervorbringt. Es ſcheint ſogar, als ob man hierüber nur durch die Annahme Rechenſchaft geben könne, daß die leuchtenden Körper Strahlen mit allen möglichen Geſchwindigkeiten ausſenden, wofern man noch die Vorausſetzung macht, daß dieſe Strahlen nur auf unſer Geſichtsorgan wirken, wenn ihre Geſchwindigkeiten zwiſchen beſtimmten Grenzen liegen. Nach dieſer Hypotheſe wird nämlich die Sichtbarkeit der Strahlen von ihren relativen Geſchwindigkeiten abhängen, und da eben dieſe Geſchwindigkeiten die Größe der Brechung beſtimmen, ſo werden die ſichtbaren Strahlen ſtets gleich ſtark gebrochen werden.

Obgleich die vorſtehenden Verſuche hinreichend ſind, um die eben gemachte Annahme zu motiviren, weil man ohne ſie dieſelben nicht würde erklären können, wird es doch vielleicht nicht überflüſſig ſein, zu zeigen, daß mehrere andere Phänomene ſie ebenfalls nothwendig erſcheinen laſſen.

Ich will zunächſt bemerken, daß ich bei der Berechnung der Differenzen, welche die Ungleichheiten in der Geſchwindigkeit erzeugen müſſen, nur die Bewegung der Erde in ihrer Bahn berückſichtigt habe,

und daß die Geschwindigkeit unseres Sonnensystemes, indem sie sich mit der erstgenannten combinirt, die Quelle neuer Ungleichheiten werden muß. Einige Sterne müssen sich übrigens im Raume mit recht beträchtlicher Geschwindigkeit bewegen, weil sie trotz der Kleinheit ihrer Parallaxen alljährlich sehr merkliche Verrückungen erleiden. Die Geschwindigkeit der Strahlen, welche sie uns zusenden, wird also die Resultante ihrer ursprünglichen Emissionsgeschwindigkeit combinirt mit der Geschwindigkeit des Sternes selbst sein, und folglich mit der Größe und der Richtung der Bewegung der Sterne variiren. Aber eine der wirksamsten Ursachen für Veränderungen in der Geschwindigkeit des Lichtes scheint doch die ungleiche Größe der Durchmesser der Fixsterne bilden zu müssen.

Durch die Rechnung findet man in der That, daß ein Stern von gleicher Dichtigkeit mit der Sonne, dessen Durchmesser wenige hundert Male größer wäre als der Durchmesser der Sonne durch seine Anziehung die Geschwindigkeit seiner Strahlen gänzlich vernichten würde, so daß sie folglich nicht bis zu uns gelangen könnten. Ein zwanzig Mal größerer Stern als die Sonne würde zwar die Geschwindigkeit der von ihm ausgesandten Strahlen nicht vollständig aufheben, sie aber doch so beträchtlich schwächen, daß man einen großen Unterschied zwischen ihrer Brechung und der Brechung der Sonnenstrahlen finden müßte. Selbst wenn man den Durchmesser eines Gestirns nur anderthalb Mal so groß als den der Sonne annähme, würde die Geschwindigkeit seines Lichtes in der Entfernung, welche uns von ihm trennt, um $\frac{1}{10000}$ vermindert sein, und folglich Ungleichheiten in der Ablenkung erzeugen, die in meinem zweiten Prisma bis 15″ gestiegen wären. Nun dürfte aber die Annahme wenig wahrscheinlich sein, daß Sirius, Wega, Arktur und einige andere Sterne, welche trotz ihres ungeheuren Abstandes mit lebhaftem Lichte glänzen, der Sonne gleich seien. Wie dem auch sein möge, man sieht, daß wenn man nicht, wie ich gethan, annehmen will, daß unter den unzähligen Strahlen von allen Geschwindigkeiten, die von einem leuchtenden Körper ausströmen nur diejenigen, welche eine gewisse Geschwindigkeit besitzen, als Licht wahrgenommen werden, meine Versuche sich nur würden

erklären lassen, wenn man über Gebühr die Dichtigkeit der Sterne oder ihre Durchmesser verringerte; man würde z. B. zu dem auffallenden Resultate gelangen, daß es unter den zahllosen Sternen, womit der Himmel geschmückt ist, keinen einzigen gäbe, welcher die Dichtigkeit der Erde und gleichzeitig ein der Sonne gleiches Volumen besäße.

Es wird vielleicht nicht überflüssig sein zu bemerken, daß die zuvor berichteten Beobachtungen und die zu ihrer Erklärung aufgestellte Annahme sich in sehr merkwürdiger Weise an die Versuche von Herschel, Wollaston und Ritter anschließen. Bekanntlich hat der Erste gefunden, daß außerhalb des prismatischen Spectrums und zwar jenseit des Roth unsichtbare Strahlen existiren, die aber in einem höheren Grade als die leuchtenden die Fähigkeit des Erwärmens besitzen. Die beiden andern Physiker haben fast zu gleicher Zeit entdeckt, daß auf der Seite des Violett ebenfalls unsichtbare Strahlen liegen, welche keine Wärme, wohl aber eine starke chemische Wirkung auf das salzsaure Silber und mehrere andere Substanzen ausüben. Bilden diese letztern Strahlen nicht die Klasse derjenigen, denen nur eine geringe Vermehrung ihrer Geschwindigkeit fehlt, um leuchtend zu erscheinen, und sind die vorhin genannten Wärmestrahlen nicht diejenigen, welche eine zu große Geschwindigkeit bereits der Eigenschaft des Leuchten beraubt hat? Diese Annahme, wie wahrscheinlich sie auch anfangs erscheinen möge, ist durch meine Versuche nicht in aller Strenge festgestellt; aus ihnen darf man nur den Schluß ziehen, daß die wegen ihrer zu großen oder zu kleinen Geschwindigkeit nicht sichtbaren Strahlen im Spectrum respective denselben Ort einnehmen, wie die Wärmestrahlen und die chemischen Strahlen. Es ist überdies sehr merkwürdig, daß man auf diese Weise durch rein astronomische Beobachtungen zur Kenntniß der jenseits des Spectrums gelegenen unsichtbaren Strahlen hat gelangen können, deren Vorhandensein die zuvor genannten berühmten Physiker nur durch sehr feine Versuche mit sehr empfindlichen Thermometern und durch das Licht in ihren Farben leicht veränderlichen Substanzen entdeckt haben.

Ich habe im Vorstehenden meine Versuche nicht mit dem Undulationssysteme verglichen, weil die Erklärung der Brechung in diesem Systeme auf einer bloßen Hypothese beruht, die sehr schwierig der

Rechnung zu unterwerfen ist, und es mir folglich unmöglich war, in genauer Weise zu ermitteln, ob die Geschwindigkeit des brechenden Körpers auf die Brechung einen gewissen Einfluß habe, und welche Aenderungen derselbe, falls er vorhanden, hervorrufen müsse.

Ich habe mich darauf beschränkt, zu zeigen, daß durch die Annahme, die Lichtstrahlen seien nur sichtbar, wenn ihre Geschwindigkeiten innerhalb bestimmter Grenzen liegen, meine Beobachtungen sich vollständig mit der Newton'schen Theorie vereinigen lassen. Wenn aber die Grenzen, welche die Sichtbarkeit der Strahlen bestimmen, wie wahrscheinlich, für verschiedene Individuen dieselben sind, so muß die ungleiche Dichtigkeit der gläsernen Feuchtigkeit ungleich schnelle Strahlen wahrnehmen lassen. Es würde daraus folgen, daß zwei Personen, welche einen und denselben Stern durch dasselbe Prisma und unter analogen Umständen beobachteten, ihn ungleich abgelenkt sehen könnten. Das Resultat dieses Versuches, wie es auch ausfallen möge, dürfte einige Data über die Art von Empfindung, welche uns die Objecte wahrnehmen läßt, zu liefern im Stande sein. Es schien mir, als ob das einzige Mittel, diese Versuche sehr entscheidend zu machen, in der Anwendung der gekreuzten (croisés) Prismen bestände; denn die Beobachtungen könnten alsdann mit vieler Genauigkeit ausgeführt werden, welches auch die Größe des brechenden Winkels wäre. Ich hoffe also später der Klasse die in dieser Beziehung angestellten Versuche mitzutheilen, sobald die Zeit mir erlaubt haben wird, die Resultate dieser Methode denjenigen beizufügen, die ich bereits mittelst achromatischer Prismen erhalten habe. Für den Augenblick begnüge ich mich mit der Bemerkung, daß ich aus dem Vorstehenden mehrere nicht unwichtige astronomische Folgerungen ziehen kann.

Man sieht: 1) daß die Aberrationen aller Körper, mögen dieselben uns eigenes oder reflectirtes Licht zusenden, mit derselben Constante berechnet werden dürfen, und in dieser Beziehung nicht der geringste Unterschied vorhanden ist, wie ich aus meinen ersten Versuchen geschlossen hatte;

2) daß die Phänome, welche man durch eine Ungleichheit in der Geschwindigkeit des Lichtes erklärt hat, wie z. B. das Erscheinen der Sterne auf der Mondscheibe, einige Secunden vor dem Augenblicke der

Bedeckung, die Verrückungen kleiner Sterne, welche ſehr nahe an großen ſtehen, u. ſ. w. nicht von dieſer Urſache herrühren können;

3) daß die Hypotheſe, wodurch Piazzi die Differenzen zu erklären verſucht hat, welche man zwiſchen der Schiefe der Ekliptik findet, wenn dieſelbe aus den an beiden Solſtitien gemachten Beobachtungen hergeleitet wird, mit den Verſuchen vollſtändig unvereinbar iſt, weil ſie auf die Annahme hinausläuft, daß das Sonnenlicht nicht eben ſo wie das Sternenlicht gebrochen werde;

4) daß endlich die brechende Kraft der Luft, welche Biot und ich aus der Beobachtung eines irdiſchen Objectes hergeleitet haben, vollkommen derjenigen gleich ſein muß, welche ſich ergeben haben würde, wenn wir bei unſern Verſuchen nach einem Sterne hätten viſiren können. Es war um ſo wichtiger, den Zweifel, welchen man in dieſer Beziehung hegen konnte, zu beſeitigen, weil, wie man weiß, jene brechende Kraft das Hauptelement der Refractionstafel iſt.

Rechnung zu unterwerfen is
genauer Weise zu ermitt
Körpers auf die Brech
Aenderungen derselbe
Ich habe mich
nahme, die Lich
eiten innerhal
vollständig
er die Ge
ahrschei
gleich

…und Undulations-theorie.

Erstes Kapitel.

… ich zu zeigen, wie es möglich ist,
… ob, wie Newton's Ansicht war
… angenommen haben, das Licht
… von den leuchtenden Körpern
… das Resultat der Wellenbewegun-
… Mittels ist, das die Physiker
… von Versuchen, das ich jetzt be-
… keinen Zweifel in Betreff der
… mehr gestatten; es wird mathe-
… diesen Ausdruck) eine der wich-
… der Physik entscheiden.
… die Erfüllung einer Art Zusage,
… der Wissenschaften in einem der ge-
… und zwar bei Discussion der Ansprüche
… zur Besetzung der vacant gewor-
… vorgeschlagenen Candidaten.
… Methode erklärt, mittelst wel-
… Messung der Geschwindigkeit der
… diesen unternommen hat, und
… scharfsinnigen Physiker gewon-

nenen Reſultate beendigt, als mehrere meiner Collegen, deren Namen in ſolcher Angelegenheit als Autoritäten gelten können, behaupteten, mein Bericht ſei zu lobend. Selbſt angenommen, es wäre die von Wheatſtone für die Geſchwindigkeit der Elektricität angegebene untere Grenze gehörig feſtgeſtellt, ſo würde dieſelbe, meinten ſie, doch keinen merklichen Einfluß auf die Fortſchritte der Wiſſenſchaft ausüben; außerdem könnten Grenzwerthe von derſelben Ordnung und ſelbſt noch weiter gehende indirect aus verſchiedenen elektriſchen oder magnetiſchen Erſcheinungen hergeleitet werden. Was die Methode der rotirenden Spiegel beträfe, ſo ſchiene ſie blos auf die bereits vom Erfinder unterſuchten Fragen anwendbar. Dieſe letztere Anſicht verſuchte ich zu widerlegen, indem ich vielmehr der Meinung war, daß das neue Inſtrument, in paſſender Weiſe modificirt, zu Reſultaten führen würde, an die Wheatſtone nicht gedacht hatte; ich hatte bereits erkannt, daß es, ſelbſt in die engen Grenzen eines kleinen Zimmers eingeſchloſſen, zur Meſſung der relativen Geſchwindigkeiten des Lichtes beim Durchgange durch die Luft und eine Flüſſigkeit würde dienen können. Sehr bald ward es mir aber klar, daß meine Behauptung nur Ungläubige gefunden, worüber zu erſtaunen oder mich zu beklagen ich kaum ein Recht hatte. Ich habe, glaube ich, meine Behauptung nach allen ihren Theilen in jenem Aufſatze, den ich hier wörtlich wiederhole, indem ich nur einige andere der Akademie der Wiſſenſchaften ſpäter über denſelben Gegenſtand gemachte Mittheilungen hinzufüge, gerechtfertigt.

Zweites Kapitel.

Princip des experimentellen Verfahrens, das zwiſchen der Emiſſions- und Undulationstheorie entſcheiden ſoll.

Fällt ein Lichtſtrahl auf einen polirten Planſpiegel, ſo wird er, wie Jeder weiß, unter demſelben Winkel, unter welchem er auf die Spiegelfläche auffällt, reflectirt.

Wir wollen jetzt annehmen, daß der Spiegel um die Größe a um den Punkt, wo die Reflexion erfolgt, gedreht werde. Wenn dieſe Drehung nun z. B. den anfänglichen Einfallswinkel um die Größe a

vergrößerte, ſo würde ſie den anfänglichen Reflexionswinkel um eben ſo viel vermindern. Letzterer wird alſo nach der Drehung des Spiegels um die Größe 2a kleiner ſein als der erſtere; mithin muß man ihn um 2a vergrößern, wenn er dem neuen Einfallswinkel gleich werden ſoll. Jener Winkel, vermehrt um 2a, wird folglich die Richtung des reflectirten Strahles in der zweiten Lage des Spiegels geben. Bleibt alſo der einfallende Strahl derſelbe, ſo erzeugt eine Winkelbewegung a des Spiegels eine doppelt ſo große Bewegung des reflectirten Strahles.

Dieſelbe Schlußfolge würde ganz in derſelben Weiſe auf den Fall anwendbar ſein, wo die Drehung des Spiegels in entgegengeſetztem Sinne erfolgte und ſich der erſte Einfallswinkel verminderte. Das Princip iſt alſo allgemein; es iſt übrigens das allen nautiſchen Reflexionsinſtrumenten zu Grunde liegende.

Die Reflexion auf ebenen Spiegeln kann dienen, um gegebene Lichtſtrahlen, ohne ihre relativen Lagen zu ändern, nach allen Gegenden des Raumes hinzuwerfen: zwei Strahlen, die vor der Reflexion parallel waren, ſind es auch noch nach derſelben; Strahlen, die urſprünglich um 1′, 10′, 20′ u. ſ. w. gegen einander geneigt waren, bilden nach ihrer Ablenkung durch die Reflexion noch genau dieſelben Winkel.

Anſtatt eines einzigen Strahles betrachten wir jetzt zwei horizontale von benachbarten Punkten einer und derſelben Verticale ausgehende Strahlen, und nehmen an, daß ihre Richtung ſie auf zwei Punkte der (gleichfalls verticalen) Mittellinie eines verticalen Planſpiegels führt, ſowie daß dieſer Spiegel ſich gleichförmig und continuirlich um eine verticale Axe dreht, deren Verlängerung mit der zuvor erwähnten Mittellinie zuſammenfällt.

Die Richtung, in welcher die beiden horizontalen Strahlen reflectirt werden, hängt augenſcheinlich von dem Zeitpunkte ab, in welchem ſie den Spiegel treffen, weil wir vorausgeſetzt haben, daß der Spiegel ſich dreht. Wenn die beiden Strahlen gleichzeitig von den beiden benachbarten Punkten ausgegangen ſind, ſo werden ſie auch gleichzeitig auf dem Spiegel anlangen; ihre Zurückwerfung wird in demſelben Augenblicke ſtattfinden, folglich ebenſo, als ob dieſe Fläche in Bezug auf ſie

unbeweglich wäre: ihr urſprünglicher Parallelismus wird alſo nicht geändert werden.

Sollen die Strahlen, die urſprünglich parallel waren, nach ihrer Zurückwerfung divergiren, ſo muß der eine von ihnen früher als der andere auf dem Spiegel anlangen; es muß der Gang des erſten Strahles auf ſeinem Wege vom leuchtenden Punkte zur reflectirenden und rotirenden Fläche beſchleunigt werden, oder, was genau daſſelbe Reſultat geben würde, die Geſchwindigkeit des zweiten Strahles eine Verminderung erleiden, während die des erſten conſtant bleibt; kurz es wird erfordert, daß die beiden Strahlen nach einander, alſo in zwei verſchiedenen, einen merklichen Winkel mit einander bildenden Lagen des Spiegels zurückgeworfen werden.

Nach der Emiſſionstheorie bewegt ſich das Licht im Waſſer merklich ſchneller als in der Luft; nach der Wellentheorie findet das Umgekehrte ſtatt: das Licht geht in der Luft ſchneller als im Waſſer. Man laſſe nun einen der beiden Strahlen, z. B. den obern, bevor er auf den Spiegel fällt, durch eine mit Waſſer gefüllte Röhre gehen. Iſt die Emiſſionstheorie richtig, ſo wird dieſer obere Strahl in ſeinem Gange beſchleunigt werden, zuerſt auf dem Spiegel anlangen, früher als der untere Strahl reflectirt werden, und mit ihm einen gewiſſen Winkel bilden, wobei die Ablenkung in dem Sinne erfolgt, daß der untere Strahl weiter als der obere vorgerückt, ſchneller durch den rotirenden Spiegel fortgezogen zu ſein ſcheint.

Laſſen wir dieſelbe Anordnung fortbeſtehen, nehmen aber für einen Augenblick das Undulationsſyſtem als richtig an. Die Waſſerröhre wird dann den Gang des obern Strahls verzögern; dieſer Strahl wird ſpäter als der untere den reflectirenden Spiegel treffen; er wird nicht mehr wie zuvor zuerſt, ſondern zuletzt reflectirt werden, und zwar in einer weiter vorgerückten Lage der polirten ſpiegelnden Fläche als diejenige, bei welcher der untere Strahl kurz zuvor zurückgeworfen wurde. Dieſe beiden Strahlen werden unter einander noch denſelben Winkel bilden, wie in der erſten Hypotheſe; nur wird, was wohl zu beachten iſt, die Ablenkung gerade in entgegengeſetztem Sinne erfolgen; der obere Strahl wird jetzt, immer im Sinne der Rotation des Spiegels, weiter vorgerückt zu ſein ſcheinen.

Ich wiederhole, zwei neben einander auf derſelben Verticale gelegene Punkte erglänzen plötzlich vor einem rotirenden Spiegel.*) Die Strahlen des obern Punktes erreichen dieſen Spiegel erſt, nachdem ſie durch eine mit Waſſer gefüllte Röhre gegangen ſind; die Strahlen des zweiten Punktes gelangen auf die reflectirende Oberfläche, ohne auf ihrem Wege ein anderes Mittel als Luft angetroffen zu haben. Um von einer beſtimmten Vorſtellung auszugehen, wollen wir annehmen, vom Platze des Beobachters aus geſehen rotire der Spiegel von rechts nach links. Nun, wenn die Emiſſionstheorie richtig iſt, wenn das Licht aus einer Materie beſteht, ſo wird der obere Punkt links von dem untern erſcheinen; dagegen muß er von dieſem untern Punkte rechts erſcheinen, wenn das Licht durch Schwingungen eines Aethers erzeugt wird.

Anſtatt zweier iſolirter leuchtender Punkte wollen wir jetzt dem Spiegel eine verticale Lichtlinie darbieten. Das Bild des obern Theils derſelben entſteht aus Strahlen, welche durch das Waſſer gegangen

---

*) Sollte, wie man geglaubt zu haben ſcheint, eine faſt mathematiſche Augenblicklichkeit des Lichtes, welches dem rotirenden Spiegel gegenüber geſtellt wird, zur Ausführung des vorgeſchlagenen Verſuchs durchaus nothwendig ſein, ſo hat Wheatſtone in der That gezeigt, daß das Licht des elektriſchen Funkens, der von einem ſtark geladenen Conductor ausgeht, nicht $^1/_{1000000}$ Secunde dauert. Uebrigens werden ſo kurze Lichtblitze keineswegs unumgänglich erfordert. Sobald das Licht nur nicht eine ſo lange Zeit dauert, als der Spiegel zu einer Umdrehung um ſich ſelbſt braucht, oder mit andern Worten, ſobald die auf dem rotirenden Spiegel wahrgenommenen Bilder einfach ſind, d. h. nicht infolge der Dauer des Lichteindruckes im Auge aus einer Art Uebereinanderfallen mehrerer ſucceſſiver Bilder hervorgehen, ſo wird die Beobachtung der relativen Ablenkungen zwiſchen den beiden Strahlen ausführbar ſein; Niemand wird nun aber an der Möglichkeit zweifeln, mit rotirenden Diaphragmen leuchtende Linien oder bloße leuchtende Punkte zu erzeugen, die im reflectirenden Spiegel geſehen, kürzer als $^1/_{1000}$ Secunde dauern.

Ebenſo hat man ſich geirrt, wenn man annahm, der beobachtete leuchtende Gegenſtand müſſe eine faſt unendlich geringe Breite beſitzen. Geſetzt es ſei dieſer Gegenſtand durch zwei ſcharfe verticale Ränder begrenzt: trotz der Verbreiterung des horizontalen Durchmeſſers des Bildes, die mit der Dauer des Erſcheinens des Gegenſtandes unvermeidlich verbunden iſt, wird die eine jener Grenzlinien ſcharf erſcheinen und für die Meſſung der Ablenkungen eine ebenſo gute Viſirlinie abgeben, als wenn ſie allein vorhanden wäre.

ſind, während das Bild des untern Theils aus Strahlen hervorgeht, deren ganze Bahn in der Luft liegt. Auf dem rotirenden Spiegel muß dann das Bild dieſer einzigen Linie gebrochen erſcheinen, es muß aus zwei verticalen Lichtlinien beſtehen, die nicht in ihren gegenſeitigen Verlängerungen liegen.

Iſt das geradlinige obere Bild weniger vorgerückt als das untere, erſcheint es links, — ſo iſt das Licht ein Körper.

Findet das Gegentheil ſtatt, zeigt ſich das obere Bild rechts, — ſo beſteht das Licht aus Schwingungen.

Theoretiſch oder vielmehr ſpeculativ iſt alles Vorhergehende richtig. Indeß bleibt jetzt, und dies iſt der bedenkliche Punkt, noch zu beweiſen, daß trotz der großen Geſchwindigkeit von 42000 Meilen, trotz der geringen Länge, welche wir den mit Waſſer gefüllten Röhren nur geben dürfen, und trotz der beſchränkten Rotationsgeſchwindigkeit, die wir den Spiegeln ertheilen können, die relativen Ablenkungen der beiden Bilder (nach rechts oder nach links), deren Eintreten ich nachgewieſen habe, mit unſeren Inſtrumenten nachweisbar ſein werden.

Drittes Kapitel.

Welche Rotationsgeſchwindigkeit kann man einem Spiegel geben?

Ich will annehmen, der Spiegel mache 1000 Umläufe in der Secunde.

1000 Umläufe in einer Secunde könnten als eine ſehr beträchtliche Geſchwindigkeit erſcheinen; wir brauchen aber darüber nicht zu ſtreiten; dieſelbe iſt verwirklicht und überſchritten worden. Der Spiegel, deſſen ſich Wheatſtone bediente, machte ſchon 800 Umdrehungen in der Secunde.

Wenn die Rotationsgeſchwindigkeit, die man einem ſehr kleinen Spiegel von 3 bis 4 Centimeter Breite ertheilen kann, beſchränkt iſt, ſo liegt der Grund davon in der Erhitzung und ſchnellen Abnutzung der Zapfen. Unſer ſcharfſinniger College Gambey, dem ich das Problem vorlegte, hat mir jedoch in bündiger Weiſe gezeigt, daß alle dieſe

Schwierigkeiten ſich würden überwinden laſſen; daß man über Geſchwindigkeiten hinausgehen könnte, die bis jetzt nicht überſchritten worden ſind; daß es gelingen würde, dieſelben erforderlichenfalls zu verdoppeln, zu verdreifachen und ſelbſt zu vervierfachen, ohne von der Erhitzung oder Abnutzung der Axen etwas zu fürchten zu haben. Um eine doppelte Geſchwindigkeit, eine Geſchwindigkeit von 2000 Umläufen in der Secunde zu erhalten, würde es genügen, den jetzigen Rotationsapparat auf einen Zapfen zu ſetzen, der ſelbſt eine Geſchwindigkeit von 1000 Umdrehungen beſitzt. Setzt man unter denſelben Bedingungen drei oder vier in gleicher Richtung rotirende Axen über einander, ſo würde man abſolute Drehungsgeſchwindigkeiten von 3000 und 4000 Umläufen in der Secunde erhalten, ohne daß die relativen Geſchwindigkeiten der in Berührung befindlichen Stücke die von 1000 Umläufen überſchritten, welche, wie die Erfahrung gelehrt hat, die Axen ertragen können.

Uebrigens habe ich mich ohne Noth in dieſe Erörterungen über die Möglichkeit, Geſchwindigkeiten von 3000 bis 4000 Umläufen in der Secunde zu erzielen, eingelaſſen; ich werde ihrer nicht bedürfen, vielmehr ſchon mit bloßen Geſchwindigkeiten von 1000 Umdrehungen meinen Zweck erreichen, indem ich ein anderes Mittel erdacht habe, um die Winkelablenkungen, die geſchätzt werden ſollen, zu vergrößern. Dies Mittel beſteht in der Vervielfältigung der Spiegel.

Wenn zwei parallele Strahlen nach einander auf einen rotirenden Spiegel fallen, ſo bilden ſie, wie bereits erläutert, nach ihrer Reflexion einen gewiſſen Winkel, den ich α nennen will; in den frühern Abſtandsbeziehungen iſt aber Nichts geändert worden (?); zwiſchen dem am weiteſten vorgerückten dieſer beiden reflectirten Strahlen und dem nachfolgenden liegt genau derſelbe Zwiſchenraum, wie zwiſchen den directen Strahlen; wenn ſie alſo auf einen zweiten Spiegel treffen, der in paſſender Richtung mit der Geſchwindigkeit des erſten rotirt, ſo wird eine neue Größe α zu der vorhergehenden Ablenkung hinzugefügt, der Winkel zwiſchen beiden Strahlen alſo verdoppelt werden. Mittelſt eines dritten, vierten u. ſ. w. Spiegels wird man dieſen Winkel alſo auf 3α, 4α u. ſ. w. bringen können. Auf dieſe Weiſe wird die Reflexion auf ebenen Flächen ein Mittel zur Vergrößerung

von Winkeln, was, beiläufig geſagt, auf den erſten Blick ziemlich paradox erſcheinen könnte.

Viertes Kapitel.

Von der Sichtbarkeit der Bilder, deren relative Lagen zur Löſung der geſtellten Aufgabe dienen ſollen.

Durch Reflexion auf äußerſt ſchnell rotirenden Spiegeln erzeugte Bilder werden natürlich nur ſehr kurze Zeit dauern. Wäre nicht denkbar, daß unterhalb einer gewiſſen Dauer des Lichteindrucks unſer Auge für die Wirkung des Lichtes, ſelbſt des intenſivſten ſich unempfindlich zeigte? Dieſer Zweifel läßt ſich a priori nicht löſen; glücklicherweiſe aber hat Wheatſtone bei ſeinen elektriſchen Unterſuchungen auf dem rotirenden Spiegel reflectirte Bilder elektriſcher Funken geſehen, deren Dauer kürzer als $^1/_{1000000}$ Secunde war.

Ich würde, wenn es nöthig wäre, keine größeren Geſchwindigkeiten anwenden, als der engliſche Phyſiker; in dieſem Punkte noch iſt die Möglichkeit meines Verſuchs vollſtändig feſtgeſtellt, im Nothfalle könnte man ja mit elektriſchem Lichte operiren; denn ich habe vor vielen Jahren bewieſen, daß die Strahlen aus beliebiger Quelle, die Strahlen der Sonne und eines Leuchtkäfers, die Strahlen eines Sternes und die Strahlen von faulem Holze u. ſ. w. genau in gleicher Weiſe gebrochen werden und folglich auch gleiche Geſchwindigkeiten beſitzen müſſen.

Fünftes Kapitel.

Wird man das Licht durch die Wicken ſehen können, wie ſie zu dem beabſichtigten Verſuche erfordert werden.

Bouguer experimentirte mit dem Lichte einer ſchwachen Flamme, das durch einen hölzernen mit Waſſer gefüllten Canal von ungefähr 3 Meter Länge hindurch ging; außerdem war dieſer Canal an ſeinen beiden Enden durch Glasplatten von mittelmäßiger Beſchaffenheit ge-

ſchloſſen. Auf ſeinem Durchgange durch die beiden Glasplatten und die 3 Meter Waſſer wurde das Licht im Verhältniß von 14 zu 5 geſchwächt. Es beſaß alſo bei ſeinem Austritte noch mehr als ein Drittel ſeiner urſprünglichen Intenſität.

Das mitten im Hafen von le Croiſic geſchöpfte Meerwaſſer war nicht mit aller nöthigen Sorgfalt filtrirt worden. Bouguer glaubt bei Anwendung aller möglichen Vorſichtsmaaßregeln die Intenſität des Lichtes nach dem Durchgange durch 3 Meter Waſſer auf $^3/_5$ und ſelbſt $\frac{3,5}{5}$ ſeiner urſprünglichen Intenſität veranſchlagen zu dürfen.

Wenn 3 Meter Waſſer dem Lichte $^3/_5 = \frac{1}{1,7}$ ſeiner urſprünglichen Helligkeit laſſen, ſo würden

6	Meter	entſprechen	$\frac{9}{25} = \frac{1}{2,8}$
9	„	„	$\frac{27}{125} = \frac{1}{4,6}$
12	„	„	$\frac{81}{625} = \frac{1}{7,7}$
15	„	„	$\frac{243}{3125} = \frac{1}{12,9}$
18	„	„	$\frac{729}{15625} = \frac{1}{21}$
21	„	„	$\frac{1}{36}$
24	„	„	$\frac{1}{60}$

Bouguer erzählt ferner, daß er in der heißen Zone den Grund des Meeres, wenn er aus weißem Sande beſtand, bisweilen bis zu Tiefen von 30 bis 36 Meter geſehen habe.

Sechstes Kapitel.

Zahlenwerthe zum Beweiſe, daß man ohne Ueberſchreitung der für die Geſchwindigkeit und die Länge der Flüſſigkeitsſäule zuvor feſtgeſtellten Grenzen die Unterſchiede der Winkelablenkungen ſichtbar machen kann, welche zwei urſprünglich parallele Strahlenſyſteme erleiden, wenn ſie auf einen rotirenden Spiegel fallen, nachdem das eine derſelben durch Luft, das andere durch eine Flüſſigkeit hindurchgegangen iſt.

Um von vornherein jeden Streit abzuſchneiden, will ich annehmen, daß man mit einem guten Fernrohre nach dem Spiegel viſire, und dem Winkel, um welchen die beiden Bilder auseinander weichen

müssen, damit der Beobachter sicher ist, daß wirklich eine Ablenkung stattgefunden hat, selbst die enorme Größe von einer Bogenminute beilegen.

Eine Ablenkung um eine Bogenminute wird durch Reflexionen in zwei um eine halbe Minute gegen einander geneigten Lagen des Spiegels entstehen. Wir wollen also zunächst sehen, wie viel Zeit ein Spiegel, der in der Secunde 1000 Umdrehungen macht, zum Durchlaufen einer halben Minute gebraucht.

1000 Kreisumfänge sind 360000 Grade; die Multiplication dieser Zahl mit 60 liefert die Anzahl der in 1000 Kreisumfängen enthaltenen Minuten; dies Product ist 21600000. In einer Zeitsecunde durchläuft der Spiegel also 21600000 Bogenminuten; folglich wird eine Bogenminute in $\frac{1}{21600000}$ Zeitsecunde, und eine halbe Bogenminute in einer um die Hälfte kleineren Zeit, oder in $\frac{1}{43200000}$ Secunde zurückgelegt.

Zwei parallel auf den rotirenden Spiegel fallende Strahlen bilden also unter einander nach ihrer Reflexion einen Winkel von einer Bogenminute, wenn der eine von ihnen um $\frac{1}{43200000}$ Zeitsecunden früher als der andere auffällt.

Wir wollen nun die Zeit durch Längen ersetzen, und berechnen, wie viel Meter der eine Strahl vor dem andern vorauseilen muß, wenn zwischen den Momenten ihres Auftreffens auf den rotirenden Spiegel $\frac{1}{43200000}$ Secunde verfließen soll.

Das Licht der Sonne erreicht in $8^m\ 13^s$ oder in 493 Zeitsecunden die Erde.

Der Abstand der Sonne von der Erde beträgt 24000 Erdhalbmesser oder 24000×6366000 Meter.

In einer Secunde durchläuft also das Licht $\frac{24000 \times 6366000}{493}$ $= 48 \times 6366000$ Meter.

Daraus folgt weiter, daß in $\frac{1}{43200000}$ Secunde, oder während

der Zeit, welche der Spiegel gebraucht, um sich um eine halbe Bogenminute zu drehen, das Licht $\frac{48 \times 6366000}{43200000}$ Meter durchläuft. Dieser Bruch beträgt 7,07 oder in runder Zahl 7 Meter.

Damit also zwei parallele Lichtstrahlen nach ihrer Reflexion auf der Oberfläche eines 1000 Umläufe in der Secunde vollendenden rotirenden Spiegels einen Winkel von einer Minute mit einander machen, ist nöthig, aber auch ausreichend, daß der eine um 7 Meter dem andern vorauseile.

Bis jetzt haben wir uns blos mit den Präliminarien des projectirten Versuchs beschäftigt; mit allen den vorstehenden Daten versehen, wollen wir nun aber an die Prüfung der beiden Theorieen des Lichtes gehen.

Die Emissionstheorie fordert, daß das Licht sich beim Durchgange durch eine Flüssigkeit schneller fortbewege, als beim Durchgange durch die Luft, und zwar in dem Verhältnisse des Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels. Besteht das Licht dagegen in Wellenbewegungen, so muß es gerade entgegengesetzt sich in der Flüssigkeit langsamer bewegen als in der Luft, und zwar im umgekehrten Verhältnisse eben jener Sinus.

Ist also die Emissionstheorie richtig, so liefern Flüssigkeiten und andere brechende Medien die Mittel, den Gang des Lichtes zu beschleunigen, die Strahlen schneller zu der Spiegelfläche zu führen, als sie sonst zu ihr gelangt sein würden. Dagegen wird ihre Einschaltung gerade den entgegengesetzten Erfolg haben, die Geschwindigkeit der Strahlen vermindern, die Strahlen später die reflectirende Fläche erreichen lassen, als wenn sie sich unausgesetzt in der Luft bewegt hätten, sobald man annimmt, daß das Licht in Schwingungen besteht.

Ein Bündel sehr nahe paralleler Lichtstrahlen, die gleichzeitig von einem entfernten Punkte ausgegangen oder künstlich mittelst einer Linse parallel gemacht sind, sei auf einen rotirenden Spiegel gerichtet, und ein diesen Strahlen paralleles und mit Wasser gefülltes Rohr in ihre Bahn eingeschaltet. Das Verhältniß des Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels beim Uebergange des Lichtes aus Luft in Wasser, oder was nach der Emissionstheorie auf dasselbe

hinauskommt, das Verhältniß der Geschwindigkeit des Lichts im Wasser zur Geschwindigkeit des Lichts in der Luft ist 1,336 : 1,000, oder nahe gleich dem Verhältniß 4 : 3. Da die durchlaufenen Wege sich gerade wie die Geschwindigkeiten verhalten, so legt das Licht, während es die ganze Länge der mit Wasser gefüllten Röhren durchläuft, in der Luft nur $^3/_4$ dieser Länge zurück. Der Unterschied dieser beiden Größen, also $^1/_4$ der Länge der Wasserröhren ist es, der gleich 7 Meter sein muß, wenn man will, daß die beiden Strahlen nach der Reflexion einen Winkel von einer Minute mit einander bilden. Die gesammte Länge der Röhre muß folglich 28 Meter betragen. *)

Ein intensives Licht würde sicherlich durch eine 28 Meter dicke Wasserschicht hindurchgehen; sollte indeß das Bild zu schwach erscheinen, so würde man ein System von zwei rotirenden Spiegeln anwenden können, wo dann $^{28}/_2$ oder 14 Meter Wasser einer Winkelablenkung von einer Minute entsprächen.

Bei Anwendung von drei Spiegeln würden 9,3 Meter dasselbe Resultat geben; bei vier Spiegeln 7 Meter.

Nimmt man unter denselben Voraussetzungen an, daß eine Ablenkung von einer halben Minute bereits merklich wäre, so würden die erforderlichen Längen der Wasserröhren werden:

Bei einem rotirenden Spiegel mit 1000 Umläufen . . .	14,0 Meter
Bei zwei Spiegeln	7,0 „
Bei drei „	4,7 „
Bei vier „	3,5 „

Jede dieser Zahlen würde ferner auf die Hälfte reducirt werden können, wenn, was annehmbar erscheint, das Fernrohr Ablenkungen von einer Viertelminute wahrzunehmen gestattet.

Wählen wir ein stärker brechendes Mittel als Wasser, z. B. Schwefelkohlenstoff, wo das Verhältniß der Geschwindigkeiten in der Luft und in der Flüssigkeit 1,000 : 1,678 sein würde, so gibt dieselbe

*) Eine ähnliche Rechnung auf Grundlage des Undulationssystems würde für die Länge der Wasserröhre, welche einer ebensolchen Ablenkung von einer Minute entspricht, nur 21 Meter geben.

Rechnung für 1000 Umläufe eines einzigen Spiegels in einer Secunde und bei Annahme einer Ablenkung von einer Bogenminute eine Länge der Röhre von 17,4 Meter.*)

Bei 2000 Umläufen oder zwei Spiegeln hat man . . . . 8,7 Meter.
Bei 3000 Umläufen oder drei Spiegeln . . . . . 5,8 „
Bei 4000 Umläufen oder vier Spiegeln . . . . . 4,4 „

Diese Längen reduciren sich respective auf 8,7, 4,4, 2,9 und 2,2 Meter, wenn man nur Winkelablenkungen von einer halben Minute sucht; und wenn man endlich, woran man wohl denken darf, Ablenkungen von einer Viertelminute hinreichend erkennt, so verringern sich eben diese Längen für einen, zwei, drei und vier Spiegel mit 1000 Umläufen auf 4,4, 2,2, 1,5 und 1,1 Meter.

Siebentes Kapitel.

Mittel, die Aufgabe durch Beobachtung eines einzigen Bildes zu lösen.

Die ganze Reihe der vorstehenden Zahlen bestätigt die Ausführbarkeit des projectirten Versuchs; alle zeigen, daß Ablenkungsphänomene ein entscheidendes Mittel liefern werden, um mit Sachkenntniß zwischen der Emissions- und der Wellentheorie zu wählen. Vielleicht wird man nicht ungern sehen, wie dasselbe Resultat auch mittelst Beobachtung eines einzigen Bildes erhalten werden kann.

Zahlreiche Beobachtungen von veränderlichen Sternen haben mir gezeigt, daß in den Himmelsräumen und ebenso auch sehr nahe in der Atmosphäre die verschiedenfarbigen Strahlen sich mit derselben Geschwindigkeit bewegen. Unter Annahme der Emissionstheorie folgt hieraus nothwendig, daß beim Durchgange durch eine Flüssigkeit die rothen Strahlen sich weniger schnell fortpflanzen als die violetten, und zwar genau im umgekehrten Verhältnisse der Sinus der respectiven Brechungswinkel, die einem gemeinschaftlichen Einfallswinkel entsprechen. Die

*) Nach der Wellentheorie würde die Röhre aus Schwefelkohlenstoff, welche dieselbe Ablenkung erzeugte, nur 11 Meter lang zu sein brauchen.

Undulationstheorie fordert ebenfalls, daß zwiſchen den äußerſten Strahlen des Spectrums ein Geſchwindigkeitsunterſchied exiſtire; nur muß er in entgegengeſetztem Sinne eintreten: es ſind dann die rothen Strahlen die ſchneller gehenden.

Dies vorausgeſchickt, laſſen wir ein weißes Lichtbündel auf den rotirenden Spiegel fallen, nachdem es durch eine lange mit Schwefelkohlenſtoff, einer ausnehmend ſtark zerſtreuenden Flüſſigkeit, gefüllte Röhre gegangen iſt. Die rothen und violetten, und ebenſo die zwiſchen ihnen liegenden orangefarbenen, gelben, grünen und blauen Strahlen werden den Spiegel nicht gleichzeitig erreichen; ſie werden alſo ungleich abgelenkt werden, und infolge deſſen nach ihrer Reflexion einen jener regenbogenfarbigen Streifen, welche die Phyſiker gewöhnliche Spectra nennen, bilden. Soweit iſt Alles den beiden Lichttheorieen gemeinſchaftlich; der Unterſchied tritt aber ſofort hervor, ſobald man auf die Reihenfolge achtet, in welcher die Farben auf einander folgen: dieſelbe muß nämlich in den beiden Theorieen die entgegengeſetzte ſein. Um zu erfahren, ob das Licht ein Körper iſt oder aus Wellenbewegungen beſteht, wird man alſo nur zu unterſuchen haben, in welchem Sinne das reflectirte Spectrum liegt; es wird genügen, zu unterſuchen, ob je nach dem Sinne der Drehung des Spiegels das rothe Ende nach rechts oder nach links gerichtet iſt.

Mögen bei den Verſuchen, deren Ausführung ich beabſichtige, elektriſche Funken oder ſucceſſive durch rotirende Schirme verdeckte und wieder frei gemachte Lichtquellen angewandt werden, ſtets wird, da ihr Aufleuchten nicht bis auf Millionentheile einer Secunde regulirt werden kann, der Fall eintreten, daß ein in einer gegebenen Richtung durch ein Fernrohr mit beſchränktem Geſichtsfelde nach dem Spiegel viſirender Beobachter das Licht nur zufälligerweiſe wahrnimmt. Doch füge ich ſogleich hinzu, daß wenn man die Lichtblitze ſehr oft erneuert, z. B. alle Secunden, und anſtatt eines einzigen Spiegels ein verticales Prisma mit 8 bis 12 Flächen rotiren läßt, man durch mehrere in verſchiedenen Stellungen befindliche, mit Fernröhren verſehene Beobachter jedenfalls zahlreiche und entſcheidende Beobachtungen der reflectirten Strahlen erhalten würde.

Achtes Kapitel.

Hiſtoriſches der Frage. — Ausführung meiner Entwürfe durch mehrere Phyſiker.

Das Vorſtehende enthält die Mittheilung, welche ich im Jahre 1838 der Akademie über den Plan zu Verſuchen machte, die ich ausgedacht hatte, um auf directe und entſcheidende Weiſe die folgende unter den Phyſikern fortwährend ſtreitige Frage zu löſen: iſt das Licht eine von den leuchtenden Körpern ausgeſandte Materie oder das Reſultat der Schwingungen eines ſehr dünnen und elaſtiſchen Mittels, das man mit dem Namen des Aethers belegt hat?

Die Umſtände haben mich veranlaßt, die Frage im Jahre 1850 vom hiſtoriſchen Geſichtspunkte aus zu behandeln. Ich äußerte mich damals folgendermaßen:

Wheatſtone war es durch ein ſcharfſinnig ausgedachtes Verfahren mit einem Apparate, in welchem zum erſten Male ein rotirender Spiegel erſchien, gelungen, die Fortpflanzungsgeſchwindigkeit der Elektricität zu beſtimmen. Dieſes ſchöne Verfahren ſchien mir mehr als hinreichendes Anrecht zu gewähren, um Wheatſtone einen ausgezeichneten Platz in der Liſte der Candidaten für eine in der phyſikaliſchen Section vacant gewordene Correſpondentenſtelle zu ſichern. Die Mitglieder der Section, mit denen ich mich in dieſer Beziehung nicht in Uebereinſtimmung befand, behaupteten, daß die Methode, die ich ihrer Anſicht nach über Gebühr prieſe, zu keinen andern als den von Wheatſtone bereits durchgeführten Unterſuchungen würde dienen können.

Ich verpflichtete mich, im Gegenſatze zu der Anſicht meiner Collegen, zu beweiſen, daß der rotirende Spiegel des engliſchen Phyſikers ſich zur Beſtimmung der relativen Geſchwindigkeiten des Lichtes in den Flüſſigkeiten und in der Luft, d. h. zur Löſung einer der ſchwierigſten Fragen der theoretiſchen Phyſik würde anwenden laſſen.

Dies war der Gegenſtand eines im Compte rendu der Sitzung vom 3. December 1838 abgedruckten Aufſatzes.

Dieſer Aufſatz zeigte, daß es unter ſehr zuläſſigen Annahmen über die Winkelablenkungen, die mit einem gewöhnlichen Fernrohre

beobachtet werden können, nicht unmöglich wäre, die relativen Geſchwindigkeiten des Lichtes in Schwefelkohlenſtoff und in der Luft zu ermitteln, ohne daß man zu einer übertriebenen Länge der Röhre und zu einem mehr als 1000 Umläufe in der Secunde machenden Spiegel ſeine Zuflucht zu nehmen brauche. Der Spiegel, deſſen ſich Wheatſtone bedient hatte, machte bereits 800 Umläufe in dem genannten Zeitraume.

Es war klar, daß bei dieſem Beobachtungsverfahren für eine gegebene Winkelablenkung die Länge der mit Flüſſigkeit gefüllten Röhre um ſo kürzer ſein konnte, je ſchneller die Bewegung des rotirenden Spiegels wurde. Aus dieſem Grunde wünſchte ich dieſe Rotationsbewegung, welche praktiſch gewiſſe Grenzen nicht überſchreiten durfte, durch ein Syſtem mehrerer combinirter rotirender Spiegel zu erſetzen.

Wenn die beiden Strahlen, nachdem der eine durch die Flüſſigkeit, der andere durch die Luft gegangen iſt, auf einen erſten rotirenden Spiegel fallen, ſo machen ſie mit einander einen gewiſſen Winkel; dieſer Winkel wird verdoppelt, wenn dieſe Strahlen auf einen zweiten in angemeſſenem Sinne mit derſelben Geſchwindigkeit rotirenden Spiegel fallen; er wird verdreifacht, wenn dieſe Strahlen auf einen dritten rotirenden Spiegel fallen u. ſ. f. Durch Vervielfältigung der Spiegel kann man alſo zu demſelben Reſultate gelangen, als wenn ein einziger Spiegel mit einer doppelten, dreifachen... Geſchwindigkeit von derjenigen, welche man mit Sicherheit anwenden darf, ohne die Zahnung der Räder zu zerſtören und ohne den Axen ihre Härtung zu nehmen, in Umdrehung geſetzt würde.

Mein Freund, Herr Breguet Sohn, übernahm es, dieſe Idee durch einen Mechanismus, in welchem alle Uebertragungen von Bewegung durch Zahnräder erfolgten, auszuführen; er wandte eine eigenthümliche Art von Verzahnung an, deren erſte Idee von White herrührte. Man hat das Syſtem aus drei Räderwerken bereits auf einer der ältern Induſtrieausſtellungen ausgeführt ſehen können.

Beim Viſiren nach dem Bilde, welches von dem durch das dritte Räderwerk getriebenen Spiegel zurückgeworfen wurde, mußten die beobachteten Wirkungen mit denjenigen identiſch ſein, die ein einziger, 3000 Umläufe in der Secunde vollbringender Spiegel gegeben haben

würde. Von dieſer Zeit an war das Gelingen des projectirten Verſuchs außer Zweifel geſtellt; man konnte nur bedauern, daß durch drei auf einander folgende Reflexionen auf drei verſchiedenen Spiegeln das Licht eine merkliche Schwächung erleiden würde. Es blieb daher zu wünſchen, daß man das Reſultat durch eine einzige Reflexion erzielen möchte; dazu ſchienen die Verſuche, über welche ich jetzt berichten will, zu führen.

Bei ſeinen Unterſuchungen über die Urſachen, welche hinderten, dem Spiegel mehr als 1000 Umläufe in der Secunde zu geben, kam Breguet auf den Gedanken, die letzte Axe von dem Gewichte des Spiegels, den ſie trug, zu befreien, und die Axe allein rotiren zu laſſen; zu ſeinem großen Erſtaunen gelang es, ſie 8000 Umläufe in der Secunde machen zu laſſen. Der Umſtand, welcher hinderte, dieſelbe Axe, wenn ſie den Spiegel trug, mit einer Geſchwindigkeit von mehr als 1000 Umdrehungen in der Secunde rotiren zu laſſen, ſchien klar: es lag, ſo mußte man glauben, an dem Widerſtande der Luft. Ich ſelbſt glaubte an das Vorhandenſein dieſer Urſache, und alle unſere Gedanken richteten ſich auf die Mittel, die Axe im leeren Raume in Umdrehung zu ſetzen. Zur Aufnahme des rotirenden Apparates wurde ſofort ein metallener Recipient conſtruirt, der von mehreren Oeffnungen durchbohrt war; die eine derſelben ſollte den Lichtſtrahlen den Eintritt geſtatten, nachdem ſie durch die beiden Säulen aus Luft und Flüſſigkeit gegangen waren; den andern gegenüber würden die Objective der Fernröhre geſtanden haben, die zur Beobachtung der beiden vom rotirenden Spiegel reflectirten Strahlen beſtimmt waren. Mittelſt Stopfbüchſen wurden zweckmäßige Verbindungen zwiſchen dem Apparate und dem treibenden Gewichte hergeſtellt. Ein beſonderes Rohr ſetzte das Innere des Recipienten mit einer Luftpumpe in Verbindung.

Nachdem dies Alles vorgerichtet war, wurde der Apparat auf einem Steinpfeiler im Meridianſaale des Obſervatoriums aufgeſtellt. Es blieb nur noch übrig, die Beobachtung zu machen... Der Spiegel drehte ſich, alle unſere Erwartungen Lügen ſtrafend, faſt nicht ſchneller im leeren Raume als in der Luft. Dieſer Umſtand hat wieder einmal die Wahrheit des Sprüchwortes bewährt: „Das Beſſere iſt der Feind

des Guten." *) Man mußte daran denken, zu dem urſprünglichen, aus drei Räderwerken und drei getrennten Spiegeln beſtehenden Apparate zurückzukehren, der nur aufgegeben war, um den reflectirten Lichtbündeln eine ſtarke Intenſität zu erhalten.

Die Nothwendigkeit, auf dieſe erſte Verſuchsmethode zurückzukehren, machte ſich zu einer Zeit geltend, wo mein geſchwächtes Geſicht mir nicht mehr geſtattete, an ſolchen Unterſuchungen theilzunehmen. Meine Anſprüche müſſen ſich alſo darauf beſchränken, das Problem geſtellt, und die zuverläſſigen Mittel zu ſeiner Löſung nachgewieſen zu haben. Dieſe Mittel können in der Ausführung Modificationen erleiden, wodurch ſie, ohne ihren weſentlichen Character zu ändern, mehr oder weniger leicht anwendbar werden. Ich werde hier einige Details über die Beobachtungen und Vorſchläge geben, die mir in Bezug auf dieſe Verſuche gemacht worden ſind.

Der erfinderiſche Wheatſtone hatte ſich, wie wir oben geſagt haben, begnügt, in ſeiner ſchönen in den Philosophical Transactions abgedruckten Abhandlung blos von der Anwendung des rotirenden Spiegels zur Beſtimmung der Geſchwindigkeit der Elektricität zu reden. Nach der Veröffentlichung meines Aufſatzes ſchrieb er mir einen Brief, aus dem ich verſchiedene Stellen mittheilen will:

1. Juni 1839.

„. . . . Mit großem Vergnügen habe ich Ihren Aufſatz im Compte rendu vom 3. December 1838 über ein Syſtem von Verſuchen geleſen, wodurch die Emiſſions- und die Undulationstheorie entſcheidenden Prüfungen unterworfen werden können; Ihr Entwurf vereinigt viele ſcharfſinnige und ſehr werthvolle Ideen. Die Folgerungen, zu welchen, wie Sie gezeigt haben, meine Verſuche führen, waren früher meiner eigenen Aufmerkſamkeit nicht entgangen. Die Anwendung des in Rede ſtehenden Princips 1) zur Meſſung der Geſchwindigkeit des Lichtes in der Erdatmoſphäre, 2) zur Vergleichung dieſer Geſchwindigkeit in zwei verſchiedenen Mitteln, um dadurch zwiſchen den beiden rivaliſirenden Theorieen des Lichtes zu entſcheiden,

*) Le mieux est l'ennemi du bien.

iſt mir ſehr früh eingefallen, wenngleich ich darüber Nichts veröffentlicht habe.

„Im Jahre 1833 hatte ich einige Unterredungen über dieſen Gegenſtand mit Sir John Herſchel, bevor er ſeine Reiſe nach der ſüdlichen Hemiſphäre antrat, und erhielt ſpäter einen vom 5. Sept. 1835 datirten Brief vom Cap der guten Hoffnung, in welchem er mir eine eigenthümliche Einrichtung zur Ausführung des letztern Verſuchs mittheilt. Mit ſeiner Erlaubniß laſſe ich hier eine Stelle dieſes Briefes folgen. In den letzten vier Jahren habe ich mit dem Oberſt Colby, Director der trigonometriſchen Aufnahme Großbritanniens, ebenfalls mehrfach über die Möglichkeit einer Löſung des erſten Problems unter Benutzung der für die Karte gemachten Meſſungen geſprochen. Es ſchien dem von mir entworfenen Plane kein unüberſteigliches Hinderniß entgegenzuſtehen; die Haupthemmniſſe ſeiner Ausführung ſind die Schwierigkeit und die Koſten, Meßinſtrumente von ungewöhnlicher Einrichtung mit der erforderlichen Genauigkeit herzuſtellen.“

Ich laſſe nun einen Auszug aus Herſchel's Briefe an Wheatſtone, datirt vom 8. September 1835 aus Feldhauſen am Cap der guten Hoffnung folgen:

„Da Ihr Princip für die Meſſung der Geſchwindigkeit der Elektricität in gleicher Weiſe auf die Beſtimmung der Lichtgeſchwindigkeit anwendbar iſt, ſo möchte ich Ihnen einen Verſuch ins Gedächtniß zurückrufen, den ich, wie Sie ſich erinnern werden, als einer Prüfung werth angab, als ich das Vergnügen hatte, Sie in Slough zu ſehen. Es war folgender: Um durch directe Verſuche zu ermitteln, wie groß die Geſchwindigkeit des Lichtes nicht blos in der Luft, ſondern auch im Waſſer iſt, und dadurch ein für alle Mal die Frage zwiſchen der Emiſſions- und Undulationstheorie zu entſcheiden, iſt nicht nothwendig, daß Ihr Spiegel in Waſſer rotirt. Es genügt, daß das Licht, möge es von der Sonne oder von einer elektriſchen Entladung herrühren, nachdem es die verlangte Theilung (wie z. B. durch eine partielle Reflexion auf einer durchſichtigen Fläche) erlitten hat, ein Theil direct durch die Luft, und der andere nach dem Durchgange durch eine (engl.) Meile Waſſer, zum Auge gelangt. Die große Schwierigkeit würde darin beſtehen, eine Meile recht klares Waſſer von gleicher Temperatur zu erhalten;

zu dieſem Zwecke würde eine Röhre unterhalb der Erde unentbehrlich ſein, und es entſteht dann die Frage, ob man ein Licht von ſo hoher Intenſität würde finden können, daß es, nachdem es die Abſorption einer Meile Waſſer erfahren hat, noch ſtark genug wäre, in dem Auge eine Empfindung hervorzubringen. Kurz, es gibt Schwierigkeiten, und wahrſcheinlich würden die Koſten groß ſein. . . Vielleicht würde Alkohol eine größere Durchſichtigkeit als Waſſer beſitzen, ohne das Licht zu färben; vielleicht ließen ſich auch Mittel finden, um das Licht durch dieſelbe Menge Flüſſigkeit in einer mäßig langen Röhre mittelſt totaler Reflexionen im Innern von Prismen vorwärts und rückwärts oder ganz um ein Quadrat herum zu ſenden.“

Dieſe Auszüge aus den Briefen von Wheatſtone und Herſchel geben zu Betrachtungen Anlaß, die hier Platz finden müſſen.

Wheatſtone hatte ohne allen Zweifel, weil er es erklärt, daran gedacht, die relativen Geſchwindigkeiten des Lichtes in der Luft und im Waſſer mittelſt ſeines rotirenden Spiegels zu beſtimmen; da dieſer Gedanke aber in keiner Weiſe veröffentlicht worden war, ſo war er für jeden Andern ſo gut wie nicht vorhanden: die Veröffentlichung iſt das einzige Mittel, in ſolchen Angelegenheiten die Priorität feſtzuſtellen. Wheatſtone wird nicht unbeachtet laſſen, daß ich dieſes Princip unlängſt zu meinem Schaden in Bezug auf eine ſeiner ſinnreichſten Erfindungen, die ſogenannte chromatiſche oder Polaruhr angewandt habe.*)

Zur Darlegung des Uebelſtandes, den es haben würde, in Prioritätsfragen unbeſtimmte Erinnerungen mancher ältern Unterhaltungen als Führer zu nehmen, will ich nur den Unterſchied hervorheben, den man zwiſchen den Ausdrücken in Wheatſtone's und in Herſchel's Briefe findet. Der erſtere ſagt nämlich: „Ich hatte daran gedacht, den in Rede ſtehenden Unterſchied in der Geſchwindigkeit zu ermitteln;“ der andere ſchreibt: „Ich gab Ihnen, wie Sie ſich erinnern werden, den Verſuch an.“

Eins geht übrigens mit voller Evidenz aus den vorſtehenden Auszügen hervor, daß nämlich die beiden berühmten engliſchen Phyſiker zur

*) S. oben S. 329.

Zeit ihres Gespräches durchaus keine realisirbaren Mittel für den Versuch erdacht hatten. Das Licht durch eine Flüssigkeitsschicht von einer englischen Meile, sei es direct oder durch vielfache Reflexionen hindurchzuleiten, ist ein rein theoretisches und ideales Mittel.

Ich füge nur noch ein Wort hinzu: die Veröffentlichung meines Beobachtungssystemes mußte von Wheatstone selbst als ein Grund, davon abzustehen, betrachtet werden; und in der That hat er den Versuch nicht ausgeführt, obwohl er die nöthigen Apparate dazu besaß. Es ist wahr, daß man im Allgemeinen vor den Schwierigkeiten zurückweicht, wenn es sich darum handelt, einen von einem Andern angegebenen Versuch anzustellen, und wenn man ungewiß ist über den Antheil des Erfolges, den das Publicum einem Jeden beilegt. Was meine eigene lange Zögerung in der Ausführung der von mir angekündigten Versuche betrifft, so hat dies zum großen Theile an den Verbindlichkeiten gelegen, die mein Mitarbeiter Breguet der Regierung gegenüber in Betreff der Lieferung elektrischer Telegraphen übernommen hatte, so wie an meinem schon oben angedeuteten Wunsche, mit einem Spiegel zu operiren, der 8000 Umdrehungen in der Secunde machte.

Vielleicht verließ ich mich auch mit Zuversicht darauf, daß Niemand, ohne von mir autorisirt zu sein, einen auf Principien und Verfahrungsweisen, die ich mit den größten Details der Oeffentlichkeit übergeben hatte, gegründeten Versuch ausführen würde.

Nach dem Erscheinen meines Aufsatzes in dem Compte rendu theilte mir Bessel mit, daß ihm eine Modification meines aus drei hinter einander liegenden Räderwerken mit je einem Spiegel bestehenden Apparates eingefallen sei; er ließ die von dem ersten rotirenden Spiegel reflectirten Strahlen nicht mehr auf einen zweiten rotirenden, sondern auf einen feststehenden Spiegel fallen, der sie auf den ersten Spiegel zurücksandte; nach dieser zweiten Reflexion sollten die Strahlen nochmals auf den feststehenden Spiegel fallen, von wo sie zum dritten Male auf den beweglichen Spiegel reflectirt würden u. s. w. Nach der letzten Reflexion auf dem einzigen beweglichen Spiegel wollte Bessel die Winkelablenkung des Strahles beobachten. Diese Methode war allerdings dadurch, daß sie nur ein Räderwerk erforderte, einfacher als die von mir vorgeschlagene, litt dagegen an dem sehr gewichtigen

Uebelſtande, das Licht viel mehr zu ſchwächen, weil ſie die Reflexionen auf den feſtſtehenden Spiegeln erforderte, die bei meinem Verfahren nicht vorhanden ſind. Der Mittheilung ſeines Vorſchlages fügte der berühmte königsberger Aſtronom hinzu: „Obgleich mein Verfahren mir einfacher erſcheint, ſo werde ich doch, weil es nur eine Modification des Ihrigen iſt, den Verſuch nicht ausführen: die Idee des Verſuchs gehört Ihnen; Sie haben die Möglichkeit ſeiner Realiſirung nachgewieſen; ebenſo wird das Reſultat, welches es auch ſein möge, Ihnen gehören.“

Silbermann machte mir, ohne von der früheren Mittheilung Beſſel's Kenntniß zu haben, einen ähnlichen Vorſchlag, als der berühmte königsberger Aſtronom.

Endlich machte mich ein Profeſſor, deſſen Namen ich vergeſſen, indem ich unglücklicherweiſe in meinen Papieren nur ein Bruchſtück ſeines Briefes aufbewahrt habe, ebenfalls auf einige, an meinem Plane zu Verſuchen anzubringende Modificationen, welche die Ausführung erleichtern ſollten, aufmerkſam.

In dieſem Zuſtande waren die Verhältniſſe, als Fizeau durch einen ſcharfſinnigen Verſuch die Geſchwindigkeit des Lichtes in der Atmoſphäre beſtimmte. Dieſer Verſuch war in meinem Aufſatze nicht angegeben; Fizeau hatte alſo das Recht ihn auszuführen, ohne ſich dem geringſten Vorwurfe eines Mangels an Zartgefühl auszuſetzen.

Was den Verſuch über die relativen Geſchwindigkeiten des Lichtes in einer Flüſſigkeit und in der Luft anlangt, ſo ſchrieb mir der genannte Phyſiker: „In dieſer Beziehung habe ich noch keinen Verſuch gemacht, und werde mich nur auf Ihre förmliche Aufforderung damit beſchäftigen.“ Dieſe loyale Zurückhaltung konnte nur die Achtung vermehren, welche der Character und die Arbeiten Fizeau's mir eingeflößt hatten, und ich beeilte mich, Breguet zu autoriſiren, ihm einen oder mehrere meiner rotirenden Spiegel zu leihen.

Foucault, deſſen erfinderiſchen Geiſt die Akademie kennt, hat ſich von ſelbſt veranlaßt gefunden, ſeinen Wunſch, eine Modification, die er an meinen Apparaten anbringen wollte, der Prüfung durch den Verſuch zu unterwerfen, gegen mich auszuſprechen.

Bei dem gegenwärtigen Zustande meiner Augen kann ich nur mit meinen besten Wünschen die Experimentatoren begleiten, welche meine Ideen weiter verfolgen und einen neuen Beweis für die Undulationstheorie dem von mir aus einem Interferenzphänomene hergeleiteten, der den Physikern zu bekannt ist, als daß ich ihn hier anzuführen nöthig hätte,*) hinzufügen wollen.

Neuntes Kapitel.

Richtung der molecularen Bewegungen des Aethers.

Die Polarisationserscheinungen haben die Physiker, welche Anhänger der Wellentheorie sind, zu der Annahme geführt, daß die molecularen Bewegungen des Aethers senkrecht gegen die Axe jedes Lichtstrahles oder gegen die gerade Linie, nach welcher jeder Strahl sich fortpflanzt, erfolgt. Die Hypothese ist nicht sofort angenommen worden; es hat, um zahlreiche Bedenklichkeiten zu überwinden, Nichts weniger als der seltsamen Interferenzerscheinungen bedurft, welche die polarisirten Strahlen darbieten. Indeß habe ich gefunden, daß bereits in früherer Zeit, im Jahre 1672 ein berühmter Gelehrter, Dr. Robert Hooke, die Lichtwellen in der Weise, wie so eben gesagt wurde, annahm, und zwar ohne durch irgend eine experimentelle Thatsache dazu gezwungen zu sein und ohne die geringste Ahnung von der Polarisation und von der Rolle zu haben, welche sie jetzt in den Lichtinterferenzen spielt. Die Stelle des berühmten Verfassers der Mikrographie steht im 3. Bande S. 12 der Geschichte der londoner königlichen Gesellschaft von Birch, und lautet: „The motion of light in an uniform medium, in which it is generated, is propagated by simple and uniform pulses or wawes, which are at right angles with the line of direction.“ (Die Bewegung des Lichtes in einem gleichförmigen Mittel, in dem es erzeugt ist, wird durch einfache und gleichförmige Pulsationen oder Wellen, welche senkrecht gegen die Richtung des Strahles sind, fortgepflanzt.)

*) S. oben S. 87 u. 352.

Zehntes Kapitel.

Ueber die Geſchwindigkeit des Lichtes aus verſchiedenen Quellen.

Beim Schluß dieſes Aufſatzes muß ich mich glücklich ſchätzen, geſehen zu haben, daß der gefeierte Senior der Akademie, Herr Biot, den Annahmen ſeine Zuſtimmung ertheilt hat, durch welche es mir im erſten Jahrzehnt dieſes Jahrhunderts gelang, gewiſſe Meſſungen über die Brechung des Lichtes der Sterne in Prismen mit der Emiſſionstheorie zu vereinigen. Bei dieſen Verſuchen hatte ich nämlich dieſelbe Ablenkung gefunden, als ich durch ein Prisma einerſeits ſolche Sterne beobachtete, nach denen die Erde ſich hin bewegte, und andererſeits ſolche, welche auf der entgegengeſetzten Seite lagen, obgleich nach der Rechnung der relative Unterſchied in der Geſchwindigkeit der Strahlen zweier ſolcher Sterne, da er $\frac{1}{5000}$ (das Doppelte der Geſchwindigkeit der Erde) beträgt, einen Unterſchied in der Abweichung von nahe 30 Secunden geben ſollen.*)

Dieſelbe Annahme, daß die leuchtenden Körper Strahlen mit allen möglichen Geſchwindigkeiten ausſenden, und daß unter allen dieſen Geſchwindigkeiten eine einzige die Empfindung des Lichtes hervorruft, gibt auch Rechenſchaft von der ſcheinbaren Gleichheit zwiſchen den Geſchwindigkeiten der Strahlen aller Sterne. Eine ſolche Gleichheit mußte um ſo mehr erklärt werden, als bei der Annahme, daß das Licht eine Materie ſei, die Molecüle, nachdem ſie fortgeſchleudert worden, der Anziehung des Körpers, von dem ſie ausgehen, unterworfen ſind, und ohne manchen Sternen unwahrſcheinliche Dimenſionen beizulegen, die Geſchwindigkeit ihrer Strahlen nicht nur auf merkliche Weiſe geſchwächt, ſondern auch ganz auf Null reducirt werden könnte.

Ich habe ferner gezeigt, daß ein ſehr merklicher Theil des Lichtes, das von weißglühenden feſten Körpern ausgeht (z. B. von einer weißglühenden Platinmaſſe) aus dem Innern des Körpers kommt. Alles, was Auffallendes in der Gleichheit der Geſchwindigkeit zweier Strahlen läge, deren einer im Innern der Maſſe des Platins und der andere an

*) S. oben S. 462 u. 463.

seiner Oberfläche entstanden ist, verschwindet durch die in Rede stehende Hypothese. Nun hat auch Niemand mehr das Recht sich zu verwundern, daß die irdischen Lichter, wie z. B. das Licht eines Leuchtkäfers, genau ebenso gebrochen werden, wie das Licht der Sonne oder der Sterne.

Nur noch einige Worte mögen hier zur Berichtigung eines Irrthums, der in Bezug auf das Historische begangen worden ist, folgen: Man hat drucken lassen, daß meine Beobachtungen von Sternen, die in der Richtung der Translationsbewegung der Erde und in der entgegengesetzten Richtung liegen, auf die Eingebung Laplace's gemacht worden seien. Der gefeierte Mathematiker hat nur nach Anhörung der Vorlesung meiner Abhandlung meinen Untersuchungen seinen Beifall gezollt.

Inhaltsverzeichniß

des siebenten Bandes.

Seite

Ueber das Funkeln der Sterne 3

Erstes Kapitel. Vorwort 3

Zweites Kapitel. Worin besteht das Phänomen der Scintillation 4

Drittes Kapitel. Von dem plötzlichen mit unbewaffnetem Auge wahrnehmbaren Farbenwechsel der Sterne 5

Viertes Kapitel. Von der Scintillation bei Merkur und Venus . 6

Fünftes Kapitel. Scintillation des Mars 7

Sechstes Kapitel. Scintillation des Jupiter und des Saturn . . 9

Siebentes Kapitel. Von der Scintillation in Fernröhren . . 10

Achtes Kapitel. Ueber den Einfluß der Oscillation auf die in den Fernröhren erzeugten Bilder 16

Neuntes Kapitel. Funkeln die Sterne ohne Rücksicht auf ihre Größe, auf gleiche Weise, wenn sie in derselben Höhe über dem Horizonte stehen? oder finden im Gegentheil, in Bezug auf die Scintillation, specifische Unterschiede statt zwischen Sternen von derselben oder von verschiedener Größe? 18

Zehntes Kapitel. Ueber den angenommenen Einfluß der Entfernung der Gestirne auf ihre Scintillation 20

Elftes Kapitel. Welche Modificationen erfährt die Scintillation durch die atmosphärischen Zustände? 21

Zwölftes Kapitel. Von der Modification, welche die Höhe eines Sternes über dem Horizonte in Bezug auf die Erscheinung der Scintillation erzeugt 25

Dreizehntes Kapitel. Ist die Scintillation eines Sternes die nämliche für verschieden gestellte Beobachter 25

Vierzehntes Kapitel. Von den complementären Farben . . 26

Seite

Fünfzehntes Kapitel. Von den Interferenzerscheinungen und ihren Gesetzen 29

Sechszehntes Kapitel. Anwendung der Theorie der Interferenzen auf die Erklärung der Scintillation 35

Siebzehntes Kapitel. Scintillation der Planeten . . . 42

Achtzehntes Kapitel. Scintillometer 44

§ 1. Erstes Scintillometer 45

§ 2. Zweites Scintillometer 48

§ 3. Drittes Scintillometer 49

Neunzehntes Kapitel. Kritische Uebersicht der bisher von der Erscheinung des Sternefunkelns gegebenen Erklärungen . . . 50

§ 1. Erklärung des Aristoteles 51

§ 2. Ptolemäus 52

§ 3. Averrhoes 53

§ 4. Alhazen und Vitellio 53

§ 4. Aguilonius und Aversa 54

§ 6. Tycho 55

§ 7. Cardan 56

§ 8. Scaliger 56

§ 9. Giordano Bruno 57

§ 10. Galilei 57

§ 11. Keppler 58

§ 12. Scheiner 59

§ 13. Descartes 59

§ 14. Huyghens 60

§ 15. Gassendi 60

§ 16. Riccioli 61

§ 17. Hooke 61

§ 18. Newton 64

§ 19. Kern 66

§ 20. Jurin 66

§ 21. Jakob Cassini 67

§ 22. Dr. Long 68

§ 23. Mairan 68

§ 24. Michell 69

§ 25. Lalande 70

§ 26. Musschenbroek 71

§ 27. Darwin 71

§ 28. Saussure 72

§ 29. Odström 73

§ 30. Young und Nicholson 73

Seite

§ 31. Biot 74
§ 32. Forſter 75
§ 33. Capocci 76
§ 34. Kämtz 78
§ 35. Arago 79
Zwanzigſtes Kapitel. Schluß 80
Anhang. 84
§ 1. Erklärung der Erſcheinung der Scintillation, im Jahre 1814 Herrn von Humboldt mitgetheilt und am Schluſſe des vierten Buches ſeiner Reiſe in die Aequinoctialgegenden des Neuen Continentes abgedruckt 84
§ 2. Notiz über ein merkwürdiges, bei der Diffraction des Lichtes beobachtetes Phänomen, am 26. Februar 1816 im Inſtitut geleſen . 86
§ 3. Bemerkungen über eine in der meteorologiſchen Geſellſchaft von London vorgeleſene Abhandlung des Herrn Thomas Forſter, die zurückwerfende, brechende und zerſtreuende Kraft der Atmoſphäre betreffend, vom Februar und März 1824 89
§ 4. Auszug aus einer Abhandlung über die Scintillation der Sterne, abgedruckt im Sitzungsberichte der Akademie der Wiſſenſchaften vom 20. Januar 1840 94
Ueber die phyſiſche Beſchaffenheit der Sonne und der Fixſterne . . 97
Darſtellung der Beobachtungen, welche die phyſiſche Beſchaffenheit der Sonne und verſchiedener Fixſterne uns kennen lehren. — Kritik der Conjecturen der alten Philoſophen und der poſitiven Reſultate der neueren Aſtronomen in Betreff der unſerer Sonne unter der unermeßlichen Anzahl von Fixſternen, welche das Firmament bedecken, anzuweiſenden Stelle . 97
Ueber Finſterniſſe, insbeſondere über die totale Sonnenfinſterniß vom 8. Juli 1842 118
Erſtes Kapitel. Einleitung 118
Zweites Kapitel. Definitionen 119
Drittes Kapitel. Von der leuchtenden Corona, welche den Mond während der totalen Verfinſterung der Sonne umgibt . . . 122
Viertes Kapitel. Ueber gewiſſe in dem Augenblicke auftretende Unregelmäßigkeiten, wo der Mondrand innerlich in einem geringen Abſtande vom Sonnenrande ſich befindet 123
Fünftes Kapitel. Von den auf der Mondoberfläche beobachteten Lichterſcheinungen während der Dauer von totalen Sonnenfinſterniſſen . 124
Sechſtes Kapitel. Reflexionen und Winke für die künftigen Beobachter von Finſterniſſen 125
Siebentes Kapitel. Zeit des Anfangs und des Endes der Finſterniß. Zeit des Anfangs und des Endes der totalen Verfinſterung . 134

Seite

Achtes Kapitel. Intensität des atmosphärischen Lichtes . . . 142
Neuntes Kapitel. Von dem aschfarbenen Lichte während der totalen Sonnenfinsternisse 144
Zehntes Kapitel. Gang des Thermometers während der Finsternisse 145
Elftes Kapitel. Scheinbare Farbe des Himmels. Aussehen der Gegenstände in den Augenblicken, welche der totalen Verfinsterung von 1842 vorhergingen und ihr folgten 147
Zwölftes Kapitel. Ueber die leuchtende Corona, womit der Mond während der ganzen Dauer der totalen Sonnenfinsterniß von 1842 umgeben zu sein schien 150
§ 1. Form dieser Corona im Allgemeinen 150
§ 2. Von der Lage der divergirenden Strahlen der Corona . . 154
§ 3. Welches war die Winkelbreite jedes der Theile der Strahlenkrone? Fiel ihr Mittelpunkt mit dem des Mondes oder der Sonne zusammen? 155
§ 4. Beschaffenheit des Lichtes der Corona 158
§ 5. Intensität des Lichtes der Corona. 159
Dreizehntes Kapitel. Leuchtende Corona bei der zu Honolulu auf den Sandwichinseln am 8. August 1850 beobachteten totalen Sonnenfinsterniß 165
Vierzehntes Kapitel. Gibt es eine Atmosphäre um den Mond? . 168
Funfzehntes Kapitel. Gibt es auf dem Monde bisweilen kleinere oder größere Räume, die von selbst leuchten? Besitzt die Oberfläche unseres Satelliten brennende Vulkane? Wird die Atmosphäre des Mondes (wenn eine solche existirt) von Blitzen durchzuckt? 171
Sechszehntes Kapitel. Ueber die dunklen Verbindungslinien zwischen dem convexen Rande des Mondes und dem anstoßenden concaven Sonnenrande 177
Siebzehntes Kapitel. Von der Sichtbarkeit desjenigen Stückes der Mondscheibe, welches sich nicht auf die Sonne projicirt . . . 180
Achtzehntes Kapitel. Ueber die undulatorische Bewegung, welche kurze Zeit vor und kurze Zeit nach der totalen Verfinsterung eintritt, so lange das sichtbare Sonnensegment eine sehr geringe Breite hat . . 190
Neunzehntes Kapitel. Von der Polarisation des Lichtes der Corona während einer Sonnenfinsterniß 195
Zwanzigstes Kapitel. Ueber die röthlichen Hervorragungen, welche sich während der ganzen Dauer der totalen Sonnenfinsterniß vom 8. Juli 1842 an verschiedenen Punkten des Mondrandes gezeigt haben . . 200
§ 1. In Frankreich gemachte Beobachtungen 201
§ 2. Beobachtungen außerhalb Frankreich 208
Einundzwanzigstes Kapitel. Beobachtung der Protuberanzen während der totalen Sonnenfinsterniß vom 8. August 1850 . . 216

Seite

Zweiundzwanzigstes Kapitel. Von den während der totalen Sonnenfinsterniß vom 28. Juli 1851 wahrgenommenen Protuberanzen 221

Dreiundzwanzigstes Kapitel. Ueber die Ursache der Protuberanzen. — Aeltere Beobachtungen der Erscheinung. — Sind die Protuberanzen als Mondberge, als Sonnenberge, als Wolken der Sonnenatmosphäre, oder als die Wirkung einer optischen Täuschung anzusehen? — Beschränkt sich die Möglichkeit ihrer Beobachtung auf den Eintritt einer totalen oder ringförmigen Sonnenfinsterniß? 222

Ueber die Polarisation des Lichtes 244

Erstes Kapitel. Vorwort 244

Zweites Kapitel. Definition eines polarisirten Strahles . . 247

Drittes Kapitel. Ueber die Doppelbrechung als Mittel zur Polarisirung des Lichtes 247

Viertes Kapitel. Von der Reflexion als Mittel zur Polarisirung des Lichtes 256

Fünftes Kapitel. Partiell polarisirte Strahlen 258

Sechstes Kapitel. Ueber den Zusammenhang der Brechungsexponenten der Körper mit den Winkeln der vollständigen Polarisation . . 261

Siebentes Kapitel. Von der Brechung als Mittel das Licht zu polarisiren 268

Achtes Kapitel. Von der Depolarisation des Lichtes 276

Neuntes Kapitel. Von den Interferenzphänomenen, insofern sie durch eine vorläufige Polarisation des Lichtes modificirt werden . . . 280

Zehntes Kapitel. Von der Polarisationsart, die sich durch Farbenerscheinungen kund gibt und deshalb farbige Polarisation genannt worden ist 284

Elftes Kapitel. Ueber die Depolarisationsphänomene und die von krystallisirten Blättchen erzeugten Farben 291

Zwölftes Kapitel. Ueber die circulare Polarisation 307

Dreizehntes Kapitel. Historische Details über die Entdeckung der verschiedenen Eigenschaften des Lichtes, die sich auf Polarisationserscheinungen beziehen 311

§ 1. Entdeckung der Polarisation in den doppeltgebrochenen Strahlen durch Huyghens. — Entdeckung der Wirkungen der Reflexion auf die polarisirten Strahlen durch Malus 311

§ 2. Entdeckung der Polarisation in den reflectirten Strahlen durch Malus 312

§ 3. Beobachtung der partiell polarisirten Strahlen durch Arago . 313

§ 4. Entdeckung des Gesetzes, welches den Winkel der vollständigen Polarisation mit der brechenden Kraft der Körper verknüpft durch Brewster. — Regeln von Malus und Theorem von Arago . . 313

Seite

§ 5. Entdeckung der Polarisation mittelst einfacher Brechung durch Malus. — Entdeckung der Gleichheit der polarisirten Lichtmengen in den reflectirten und durchgelassenen Bündeln durch Arago. — Entdeckung der Eigenschaften der Säulen aus Platten durch Malus. — Vergleichung gewisser natürlicher Körper mit den Säulen durch Brewster 314

§ 6. Mathematische Gesetze Fresnel's über die Lage der verschiedenen Polarisationsebenen verschieden reflectirter und gebrochener Lichtbündel 315

§ 7. Entdeckung der Modificationen, welche die Polarisation in den Interferenzerscheinungen hervorruft durch Arago und Fresnel . . 316

§ 8. Entdeckung der farbigen Polarisation durch Arago . . . 316

§ 9. Entdeckung der Gesetze der Depolarisation durch krystallisirte mit der Axe parallele Blättchen. — Untersuchungen und Experimente von Fresnel, Arago, Biot, Herschel und Thomas Young . . . 324

§ 10. Entdeckung der circularen Polarisation durch Fresnel . . 326

Vierzehntes Kapitel. Einzelne Beobachtungen. — Neue auf die Eigenschaften des polarisirten Lichtes gegründete Instrumente . . 326

§ 1. Von der durch sehr dünne Blättchen erzeugten Polarisation . 326

§ 2. Von der Polarisation des Lichtes der Atmosphäre . . . 327

§ 3. Polaruhr 328

§ 4. Modificationen, welche die Polarisation in den Absorptionserscheinungen herbeiführt 330

§ 5. Polarisation durch Brechung des Lichtes, das die Körper sichtbar macht. — Eigene Farbe der Körper. — Cyanometrie. . . . 333

§ 6. Ueber das Licht der glühenden Körper. — Anwendung auf die Untersuchung über die physische Constitution der Sonne . . 335

§ 7. Farbige Ringe, welche sich im polarisirten Lichte um die optischen Axen der Krystalle bilden. — Einaxige Krystalle 335

§ 8. Zweiaxige Krystalle 339

§ 9. Von den farbigen Ringen 341

§ 10. Das Licht der Höfe ist durch Brechung polarisirt . . . 342

§ 11. Instrument zur Wahrnehmung der Klippen 348

§ 12. Verwendung des Polarimeters zum Studium der atmosphärischen Optik bei Luftfahrten 343

§ 13. Ueber die Interferenzen des Lichtes, als ein Mittel zur Lösung verschiedener sehr schwieriger Fragen der Physik, sowie als Grundlage zur Construction neuer meteorologischer Instrumente . . . 346

§ 14. Ueber die Wirkung, welche die polarisirten Lichtstrahlen auf einander ausüben 352

Anhang 354

1. Einige auf die Polarisation des Lichtes bezügliche Resultate . . 354

Seite
§ 1. Durch verschiedene Metalloxyde erzeugte farbige Polarisation . 354
§ 2. Polarisation durch Porcellan 355
§ 3. Polarisation der Atmosphäre 355
§ 4. Depolarisation des Lichtes 355
§ 5. Polarisation der gebeugten Bilder 356
§ 6. Ueber die Farben der verschiedenen Körper 356
II. Bemerkungen über die wechselseitige Einwirkung zweier Lichtbündel, die sich unter einem sehr kleinen Winkel kreuzen 356
III. Ueber die Polarisation des atmosphärischen Lichtes und des Mondlichtes 358
IV. Construction eines Farbegradmessers. — Chanometrie . . . 360
Ueber die Stoßwirkung der Sonnenstrahlen 369
Das Daguerreotyp 376
Erstes Kapitel. Einleitung 376
Zweites Kapitel. Ueber die Camera obscura 383
Drittes Kapitel. Aeltere Versuche, die Bilder in der Camera obscura zu fixiren 385
Viertes Kapitel. Association der Herren Niepce und Daguerre . 387
Fünftes Kapitel. Verfahren des Herrn Niepce 389
Sechstes Kapitel. Abänderungen, welche von Herrn Daguerre an Niepce's Verfahren angebracht worden sind 391
Siebentes Kapitel. Daguerre'sches Verfahren 392
Achtes Kapitel. Prüfung einiger Prioritätsansprüche . . . 396
Neuntes Kapitel. Das Talbot'sche Verfahren 403
Zehntes Kapitel. Von den Anwendungen der Photographie . . 405
Elftes Kapitel. Ueber die Fähigkeit der photographischen Kunst, eine verbreitete Anwendung zu finden 407
Zwölftes Kapitel. Wissenschaftlicher Nutzen der Daguerre'schen Erfindung 410
Dreizehntes Kapitel. Ueber die Darstellung der Farben . . 416
Vierzehntes Kapitel. Von der photographischen Gravirkunst . 417
Funfzehntes Kapitel. Schluß 425
Von der Phosphorescenz 426
Ueber die erwärmende und chemische Wirkung des Lichtes . . . 437
Erstes Kapitel. Ueber die Wärme, welche die Lichtstrahlen aus irdischen Quellen begleitet 437
Zweites Kapitel. Chemische Wirkung der Strahlen künstlicher Lichtquellen 439
Drittes Kapitel. Trennung der leuchtenden Eigenschaften eines Lichtstrahls von seinen wärmenden und chemischen Eigenschaften . . 441
Viertes Kapitel. Von der photographischen Wirkung der Lichtstrahlen 443
Ueber die Geschwindigkeit des Lichtes 451

Seite

Ueber die Emissions- und Undulationstheorie 468

Erstes Kapitel. Vorwort 468

Zweites Kapitel. Princip des experimentellen Verfahrens, das zwischen der Emissions- und Undulationstheorie entscheiden soll 469

Drittes Kapitel. Welche Rotationsgeschwindigkeit kann man einem Spiegel geben? 473

Viertes Kapitel. Von der Sichtbarkeit der Bilder, deren relative Lagen zur Lösung der gestellten Aufgabe dienen sollen 475

Fünftes Kapitel. Wird man das Licht durch die Dicken sehen können, wie sie zu den beabsichtigten Versuchen erfordert werden 475

Sechstes Kapitel. Zahlenwerthe zum Beweise, daß man ohne Ueberschreitung der für die Geschwindigkeit und die Länge der Flüssigkeitssäule zuvor festgestellten Grenzen die Unterschiede der Winkelablenkungen sichtbar machen kann, welche zwei ursprünglich parallele Strahlensysteme erleiden, wenn sie auf einen rotirenden Spiegel fallen, nachdem das eine derselben durch Luft, das andere durch eine Flüssigkeit hindurchgegangen ist 476

Siebentes Kapitel. Mittel, die Aufgabe durch Beobachtung eines einzigen Bildes zu lösen 480

Achtes Kapitel. Historisches der Frage. — Ausführung meiner Entwürfe durch mehrere Physiker 482

Neuntes Kapitel. Richtung der molecularen Bewegungen des Aethers 490

Zehntes Kapitel. Ueber die Geschwindigkeit des Lichtes aus verschiedenen Quellen 491